

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Grabnar Tomaž

**Razvoj modela in orodja za izbiro ustreznega programa za
napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKO

Grabnar Tomaž

**Razvoj modela in orodja za izbiro ustreznega programa za
napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje**

DIPLOMSKO DELO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJSKI PROGRAM PRVE
STOPNJE RAČUNALNIŠTVO IN INFORMATIKA

MENTOR: doc. dr. Tomaž Hovelja
Ljubljana, 2014

Rezultati diplomskega dela so intelektualna lastnina avtorja. Za objavljane ali izkoriščanje rezultatov diplomskega dela je potrebno pisno soglasje avtorja, Fakultete za računalništvo in informatiko ter mentorja.

Fakulteta za računalništvo in informatiko izdaja naslednjo nalogo:

Tematika naloge:

Kandidat naj preuči literaturo o programski opremi s področja naprednega planiranja in razvrščanja proizvodnje ter na njeni osnovi določi kriterije, po katerih bodo podjetja lahko sistematično ovrednotila različne na trgu prisotne programske rešitve naprednega planiranja in razvrščanja proizvodnje. Na osnovi tako pridobljenega znanja naj kandidat oblikuje model za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje. Kandidat naj razvije orodje, s katerim bo podjetjem omogočena ocena primernosti uporabe določene programske opreme za napredno planiranje in razvrščanje v njihovem proizvodnem procesu.

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Spodaj podpisani Tomaž Grabnar, z vpisno številko **63000394**, sem avtor diplomskega dela z naslovom:

Razvoj modela in orodja za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- sem diplomsko delo izdelal samostojno pod mentorstvom doc. dr. Tomaža Hovelje,
- so elektronska oblika diplomskega dela, naslov (slov., angl.), povzetek (slov., angl.) ter ključne besede (slov., angl.) identični s tiskano obliko diplomskega dela,
- soglašam z javno objavo elektronske oblike diplomskega dela na svetovnem spletu preko univerzitetnega spletnega arhiva.

V Ljubljani, dne 24. septembra 2014

Podpis avtorja:

*Zahvaljujem se družini za potrpežljivost in dragi Tjaši, ker je ves čas verjela vame.
Hvala mentorju doc. dr. Tomažu Hovelji za vso pomoč pri nastajanju te diplomske naloge.
Hvala tudi Juretu in Barbari, Heleni, Saši ter Petru, Ivanu in dr. Juretu – vsak že ve, zakaj.*

Kazalo

Povzetek

Abstract

Poglavje 1	Uvod	1
Poglavje 2	Pregled literature	3
2.1	Zgodovina sistemov za napredno planiranje in razvrščanje	3
2.2	Planiranje in razvrščanje proizvodnje	4
2.3	Vrednotenje rešitev za planiranje in razvrščanje	9
Poglavje 3	Oblikovanje modela za vrednotenje programov APS.....	13
3.1	Predstavitev modela	13
3.2	Predstavitev posameznih kriterijev	15
3.2.1	Ekonomski kriteriji	15
3.2.2	Tehnični kriteriji	17
3.2.3	Uporabniški kriteriji	19
Poglavje 4	Predstavitev izbrane programske opreme	23
4.1	SAP APO	23
4.2	Preactor 400 APS	25
4.3	Preactor Express	28
4.4	FrePPLe	29
4.5	MS Excel.....	32
Poglavje 5	Izdelava in uporaba orodja za vrednotenje programov APS.....	33
5.1	Izdelava orodja v Excelu	33
5.2	Primer uporabe v praksi	37
Poglavje 6	Sklepne ugotovitve.....	41

Seznam uporabljenih kratic

kratica	angleško	Slovensko
APS	advanced planning and scheduling	napredno planiranje in razvrščanje
ERP	enterprise resource planning	načrtovanje virov podjetja
MRP	material requirement planning	planiranje materiala
SFDC	shop floor data collection	zajem podatkov iz proizvodnje
SCM	supply chain management	upravljanje oskrbovalne verige
APO	advanced planner and optimizer	napredni planer in optimizator
ETL	extract, transform, load	izvleci, preoblikuj, naloži

Povzetek

Proizvodna podjetja danes potrebujejo napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje, da lahko ostajajo konkurenčna. Odločitev, kateri program izbrati za ta namen, pa je prepuščena njim samim, saj na trgu ni orodja, ki bi jim pri tem sistematično pomagalo. Zato smo se odločili razviti orodje za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje, ki lahko podjetjem pomaga, da na osnovi kriterijev treh interesnih skupin na hiter in preprost način ugotovijo, kateri program APS je za njih najprimernejši. Prepričani smo, da sta prva različica orodja in ideja dobri ter da lahko z nadaljnjim razvojem in dopolnitvami orodja, predvsem pa z večjo bazo programskih rešitev, izdelamo orodje, ki bo uporabno in v pomoč tako slovenskim kot tujim podjetjem.

Ključne besede: razvrščanje, planiranje, APS, proizvodnja, kriteriji

Abstract

Today production companies need advanced planning and production scheduling to stay competitive. However, they are left with the choice of which program to use, since there isn't any tool on the market that would systematically help them with this decision. That's why we have decided to develop a tool for choosing the right program for advanced planning and production scheduling that can help companies to easily and quickly get the information about which APS program is best for them based on the criteria from three different groups. We are convinced that the first version of the tool and the basic idea are good and that with further development and upgrades of the tool, especially with bigger software solutions database, we can create a tool which will be useful and helpful to Slovenian and foreign companies.

Keywords: scheduling, planning, APS, production, criteria

Poglavje 1 Uvod

V današnjem svetu, ko so proizvodna podjetja izpostavljena vse hujši konkurenci na svetovnem trgu, je programska podpora planiranju in razvrščanju proizvodnje vedno pomembnejša. Podjetja tekmujejo, ker nimajo druge izbire in ker rezultat te tekme odloča o njihovem preživetju. Zato v proizvodnih podjetjih dela ogromno ljudi, ki si dnevno prizadevajo, da bolje, hitreje in inovativneje proizvedejo različne izdelke, obenem pa se trudijo zmanjšati stroške izdelave.

Dobro planiran proizvodni proces lahko ustvari veliko priložnosti. V veliko primerih lahko tako planiranje poskrbi za neprimerno večjo produktivnost, in to z enakim številom proizvodnih virov. [1] Če lahko npr. s slabim planom pravočasno izvedemo le pet od desetih naročil naših strank, lahko dober plan poskrbi za pravočasno izvedbo vseh desetih, kar ima pozitiven vpliv na stranke, vodstvo in zaposlene. Izboljša se skrb za naročnike, vodstvo je zadovoljno z boljšimi rezultati, delavci pa se zaradi manjšega števila neplaniranih dogodkov lažje osredotočijo na delo.

Podjetja torej potrebujejo kakovosten proces planiranja in razvrščanja – tak, ki lahko ob spremembah na trgu, pri dobaviteljih in v proizvodnji reagira sistematično, inteligentno in hitro.

Ko se podjetje sooči z dejstvom, da je njegov proizvodni proces dosegel nivo kompleksnosti, ki ga z njegovim obstoječim načinom planiranja ne more več uspešno voditi, je soočeno s poplavo programskih rešitev, ki mu obljublajo učinkovito planiranje proizvodnje in razvrščanje njegovih proizvodnih operacij. Izbiranje prave programske opreme je za podjetje naporen proces [5], saj poleg samostojnih rešitev velika večina največjih ponudnikov poslovnih informacijskih sistemov (SAP, Oracle...) nudi tudi modul za planiranje/razvrščanje proizvodnje. Poleg teh so na voljo še specializirane samostojne rešitve in pa tudi veliko takih, ki so omejene na posamezno proizvodno panogo. Velikokrat se planerji tudi zatečejo k uporabi MS Excela, ki so ga razvili z mislijo na popolnoma drugačno uporabo.

Koristnost uporabe programske rešitve za planiranje in razvrščanje v proizvodnji, zasičenost trga s ponujenimi rešitvami in dilema, kaj se od takih sistemov sploh pričakuje, so bili glavni razlogi, da smo se odločili razviti orodje za izbiro ustreznega programa za napredno

planiranje in razvrščanje proizvodnje (APS). Cilj te diplomske naloge je zato raziskati literaturo s področja planiranja in razvrščanja ter na njeni osnovi določiti kriterije, po katerih bodo podjetja lahko sistematično ovrednotila različne na trgu prisotne programske rešitve. Tako ugotovljene kriterije vrednotenja bomo nato uporabili pri izdelavi orodja za vrednotenje programskih rešitev APS.

To orodje bo omogočalo proizvodnemu podjetju, da sistematično ovrednoti primernost posameznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje in tako celovito primerja na trgu dostopne programe APS. Orodje bo omogočalo tudi preprosto izpopolnjevanje in širitev, saj bo lahko uporabnik kriterije in programe poljubno dodajal. Tako bo nabor informacij rasel, s posodobitvami obstoječih pa se bo lahko ohranjala tudi točnost podatkov.

Da bi dosegli zastavljene cilje, v naslednjem poglavju najprej predstavljamo pregled literature z zgodovino razvoja in vrednotenjem rešitev APS, temu pa sledi oblikovanje modela in predstavitev vrednotenih programov. Delo pa zaključujemo s sklepnimi ugotovitvami, kjer prikažemo rezultate razvoja orodja za izbiro programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje.

Poglavje 2 Pregled literature

V tem poglavju smo zapisali ugotovitve pregleda literature, ki so sestavljene iz dveh delov. Začeli smo s pregledom zgodovine rešitev APS, nato pa opredelili pojem planiranja in razvrščanja proizvodnje in preverili, kaj od takih sistemov pričakujejo strokovnjaki.

2.1 Zgodovina sistemov za napredno planiranje in razvrščanje

Programi MRP (planiranje materialov) so bili prva generacija sistematičnih planskih sistemov za planiranje materiala. Zgrajeni so bili okrog t. i. *Procesorja kosovnice* (Bill of Materials Processor), njihova prednost pa je bila zmožnost eksplozije potrebnih komponent za izdelavo končnega izdelka in časovna opredelitev potreb po posameznih komponentah znotraj celotnega nabora delovnih nalogov. V prvi polovici sedemdesetih let 20. stoletja so skoraj vsi glavni proizvajalci računalnikov in (kasnejši) glavni ponudniki MRP, npr. SAP, Lawson, J. D. Edwards in BaaN, dali na trg prve programske pakete MRP in tako izkoristili prednosti rastočega interesa industrije za sisteme, ki so bili osnovani na padajočih cenah računalnikov in rastočih cenah zalog [6, 11].

Kasneje so sisteme MRP izboljšali z namenom obvladovanja planiranja kapacitet. Sistemi so nudili povratno informacijo, ki je pripeljala do prilagajanja planskih kapacitet. V zgodnjih osemdesetih so vpeljali kratiko MRP II, ki je te sisteme ločila od zgodnejših sistemov MRP [6]. Leta 1990 je Gartner Group izumil izraz Enterprise Resource Planning [18], saj so programska orodja postopoma integrirala druga aplikacijska področja, kot so npr. napovedovanje, dolgoročno planiranje in planiranje kritičnih virov. Skladno z ugotovitvijo, da je MRP/ERP postal glavni informacijski sistem v podjetjih, so tudi ostale sisteme integrirali v glavne sisteme MRP/ERP. V veliko primerih je bilo to smiselno, saj so ti sistemi imeli večino informacij znotraj podjetja. Tako so bile informacije na enem mestu in so bile dosegljive vsem, ki so imeli dostop.

Okrog leta 2000 so glavni ponudniki rešitev ERP začeli integrirati orodja APS. SAP in Oracle sta bila med prvimi, ki so to funkcionalnost vključili v njihove poslovne rešitve. Optimizacija je v obeh primerih temeljila na isti rešitvi, prilagodili in izvedli pa so jo različno.

APS danes dopolnjuje nekatere sisteme ERP. Ti skrbijo za osnovne aktivnosti in transakcije, kot so npr. naročila strank, računovodstvo ipd., sistemi APS pa urejajo dnevne aktivnosti in nudijo podporo pri odločanju.

2.2 Planiranje in razvrščanje proizvodnje

Začnimo z eno preprostejših razlag planiranja [10] – cilj planiranja proizvodnje je izpolnjevanje zahtev strank ob minimalnih skupnih stroških.

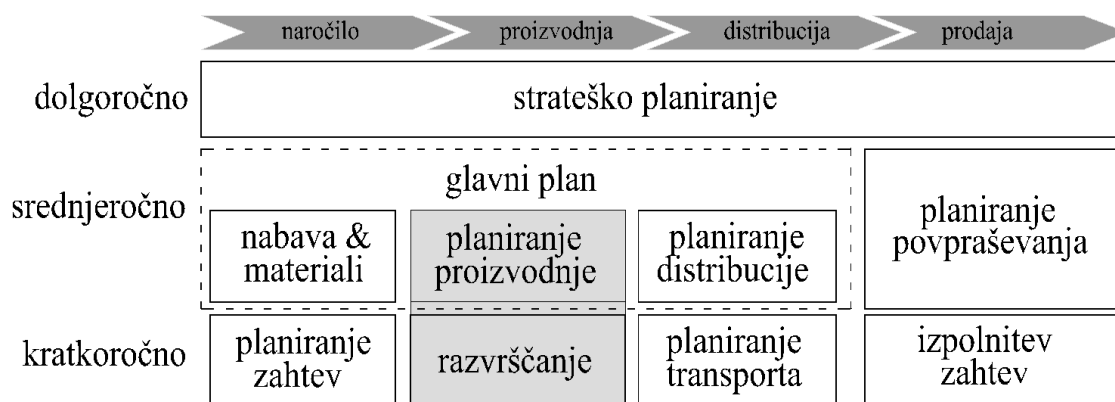
Pri Ortecu [1] planiranje opišejo kot vnaprejšnje postavljanje ciljev in omejitev ter naknadno ujemanje oskrbe virov in povpraševanja. Takšno planiranje se lahko izvaja na štirih nivojih:

- na strateškem: v časovnem razponu nekaj mesecev ali let,
- na taktičnem: v časovnem razponu od nekaj tednov do nekaj mesecev,
- na operativnem: v časovnem razponu od enega dneva do tedna dni in
- v realnem času: spremljanje oskrbe in povpraševanja v realnem času kot tudi takojšnje prilagoditve, če je potrebno.

V mnogih organizacijah je planiranje proizvodnje del hierarhičnega planiranja, dodeljevanja kapacitet/virov, razvrščanja in nadzora. Plan proizvodnje upošteva kapaciteto virov, časovna obdobja, povpraševanje in oskrbo v razumno dolgem planskem horizontu. To potem tvori vhod za podrobnejše, krajše funkcije, kot sta razvrščanje in nadzor na nižjem nivoju, ki imata običajno natančnejše ocene oskrbe, povpraševanja in kapacitet. Interakcija med planiranjem proizvodnje in razvrščanjem je neizogibna ne samo zato, ker so odločitve o razvrščanju/nadzoru omejene s planskimi odločitvami, ampak tudi zato, ker motnje pri izvajanju/nadzoru (običajno po izdelavi razvrstitve) lahko vplivajo na optimalnost in/ali izvedljivost tako plana kot tudi razvrstitve. Če želimo izboljšati delovanje proizvodnje, moramo učinkovito odpravljati motnje in pazljivo upoštevati odločitve, sprejete pri izdelavi plana in razvrstitve [8].

V zborniku *Proceedings Foundations of Computer-Aided Process Operations* je bilo planiranje prikazano z matriko planiranja oskrbovalne verige (slika 1) in dodano razlago le-te. Strateško (dolgoročno) planiranje določa strukturo oskrbovalne verige (npr. lokacijo obrata). Srednjeročno (taktično planiranje) se ukvarja z odločitvami, kot sta dodeljevanje proizvodnih ciljev posameznim obratom in transport od obrata do skladišča ter nato do distribucijskih centrov. Kratkoročno planiranje se izvaja na dnevnem ali tedenskem nivoju in določa opravila

v posameznih enotah in razvrstitev dela v vsaki enoti. Na proizvodnem nivoju se kratkoročno planiranje imenuje razvrščanje [10].



Slika 1: Matrika planiranja oskrbovalne verige [10].

Glede na APICS (The Association for Operations Management) so orodja APS vključena v skupino programske opreme za SCM in definirana kot [20] katerikoli računalniški program, ki uporablja napredne matematične algoritme ali logiko za izvajanje optimizacije ali simulacije pri razvrščanju omejenih virov, glavnem planiranju in planiranju virov, napovedovanju, upravljanju povpraševanj in ostalem. Te tehnike istočasno upoštevajo več omejitev in poslovnih pravil, da omogočijo planiranje in razvrščanje v realnem času, podpora pri odločanju in odgovorih na povpraševanja strank.

M. Theeuwien predlaga, da za razumevanja planiranja z orodji APS tega primerjamo s tradicionalnim planiranjem v sistemu ERP. Ključna pri tem je optimizacija. MRP pristop k planiranju je najprej izračun potreb po materialih ob upoštevanju neomejenih kapacitet. Nato izračunamo zahtevane kapacitete. Če izid MRP-ja ni znotraj omejenih kapacitet (plan ni izvedljiv), bodo potrebne prilagoditve in potem ponoven začetek postopka. Ta pristop po korakih je preprost, vendar okoren. Ne pove, katere spremembe bi bilo potrebno narediti: plan ni izvedljiv, ampak katere izdelke želimo bolj kot druge? Sistemi APS hkrati planirajo materialne zahteve in kapacitete. Tako je rezultat planiranja vedno izvedljiv. APS zmore še več: plan ni le izvedljiv, ampak tudi optimalen. Z upoštevanjem omejenih kapacitet APS izračuna, kakšna je optimalna rešitev za vaš plan. Na kratko: MRP pove kaj se dogaja, APS pa, kaj bi se moralo dogajati. Še več: ker so sistemi APS zmožni pripraviti plan mnogo hitreje kot MRP, so tudi mnogo bolj primerni za prilagajanje spremembam povpraševanja, kapacitet virov ali dosegljivosti materiala. Uporabniku omogočajo tudi simuliranje različnih scenarijev. Tipično je sistem APS zmožen planiranja v več korakih oskrbovalne verige in podpira planiranje na več nivojih (strateško, taktično in operativno). Podrobnejša primerjava med sistemi ERP in APS je v tabeli 1 [14].

Tabela 1: Primerjava med sistemi EPR in APS.

	ERP	APS
<i>Cilj planiranja</i>	Izvedljiv plan	Optimalen plan
<i>Pristop k planiranju</i>	Materialne potrebe in kapaciteta se planirajo zaporedno.	Materialne potrebe in kapaciteta se planirajo istočasno.
<i>Področje</i>	Podjetje	Dobavna veriga
<i>Poudarek v funkcionalnostih</i>	Obsežen: nabava, proizvodnja, človeški viri, distribucija, finance, marketing	Ozek: proces planiranja
<i>Podprti procesi</i>	Operativno planiranje in operativna izvedba	Strateško, operativno in taktično planiranje
<i>Optimizacija</i>	Ne	Da
<i>Hitrost planiranja</i>	Počasi	Hitro
<i>Scenariji kaj-če</i>	Omejeni	Da
<i>Pretočni časi</i>	Bolj ko ne statični	Dinamični

Po pregledu literature in spletnega gradiva lahko rečemo, da je razlika med planiranjem in razvrščanjem marsikdaj nekoliko zamegljena. Osnovna ideja je, da je planiranje izvedeno na višjem nivoju in za daljše časovna obdobja, razvrščanje pa vsebuje več podrobnosti in se izvaja za krajše časovno obdobje. Pri planiranju upoštevamo pričakovano povpraševanje in napovedi, zato vedno vsebuje določeno mero negotovosti. Ko se plan razvija skozi proces planiranja in razvrščanja ter se mu dodaja detajle, se negotovost postopoma odpravlja.

Delovanje programskih orodij za razvrščanje želimo prikazati še na preprostem primeru spreminjanja vrstnega reda proizvodnih operacij. Naši vhodni podatki so zapisani v tabeli 2.

Tabela 2: Vhodni podatki za preprost primer razvrščanja (vir: interno gradivo podjetja INEA).

Proizvodni nalog	Operacija	Stroj	Čas nastavitve [min]	Čas operacije [min]
Rumen	15	STROJ 1	30	238
	20	STROJ 2	44	490
	30	STROJ 3	37	346
Moder	14	STROJ 1	30	130
	15	STROJ 2	59	238
	20	STROJ 3	66	490
Zelen	15	STROJ 1	30	238
	20	STROJ 2	44	1210
	30	STROJ 3	37	634

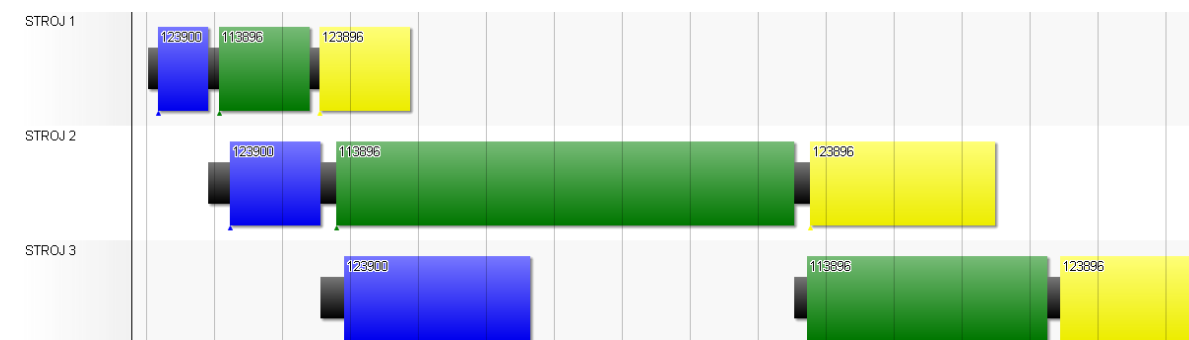
Kot lahko vidimo v tabeli 2, imamo v tem primeru tri proizvodne naloge. Vsak ima tri operacije (tehnološke korake). Kako si operacije sledijo, je točno določeno, in dokler predhodna operacija ni končana, se naslednja ne more začeti. Znan je tudi čas trajanja posamezne operacije in čas, potreben za nastavitev stroja. Vse to mora upoštevati tudi sistem za razvrščanje.

Pri teh treh nalogih bomo spreminjali vrstni red izvajanja operacij. Za vsako izmed šestih kombinacij bomo izdelali razvrstitev v obliki gantograma, nato pa odčitali časovni razpon od začetka nastavitve prve razvrščene operacije do konca izvajanja zadnje razvrščene operacije. Za ta namen smo izbrali eno izmed kasneje analiziranih orodij. Rezultati so navedeni v tabeli 3.

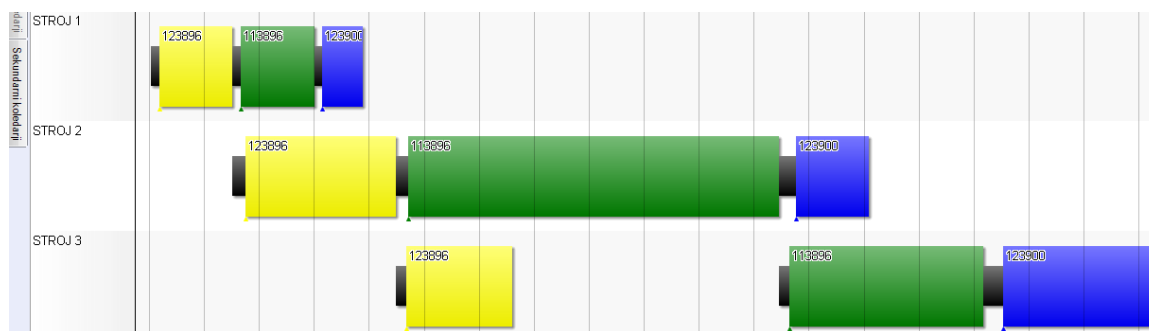
Tabela 3: Časovni razpon za posamezno kombinacijo razvrstitve (vir: interno gradivo podjetja INEA).

Kombinacija razvrstitve			Razpon
			1 dan 22 ur 3 min
			2 dni 0 ur 35 min
			2 dni 2 uri 23 min
			2 dni 1 ura 00 min
			2 dni 1 ura 00 min
			2 dni 6 ur 42 min

Kot lahko vidimo, so odčitani časovni razponi posameznih razvrstitev med enim dnevom, 22 urami in tremi minutami ter dvema dnevoma, 6 urami in 42 minutami, kar pomeni kar 19-odstotno razliko. Na sliki 2 vidimo najhitrejšo, na sliki 3 pa najpočasnejšo razvrstitev.



Slika 2: Najhitrejša kombinacija preprostega razvrščanja.



Slika 3: Najpočasnejša kombinacija preprostega razvrščanja.

Najhitrejšo in najpočasnejšo razvrstitev bi s pomočjo matematike lahko našli tudi brez uporabe sistema za razvrščanje, vendar je potrebno upoštevati, da je razlog to, da nismo upoštevali realnega stanja v proizvodnji, ki seveda ni tako preprosto.

V kompleksnejšem, vendar realnejšem modelu bi morali upoštevati še kosovnico (pogosto v več nivojih), pestrejši proizvodni program, večje število nalogov in pripadajočih operacij, izmenljivost strojev, omejitve delavcev, uporabljena dodatna orodja, dobave materialov... Takrat bi za izdelavo izvedljivega in dobrega plana potrebovali orodje APS.

2.3 Vrednotenje rešitev za planiranje in razvrščanje

Vrednotenje programske opreme lahko opredelimo kot problem odločanja na osnovi več kriterijev. Gre za odločitve med alternativami, ki so na voljo in ki jih opredeljuje več običajno nasprotujočih si atributov [15, 19]. Cilji so [12]:

- pomoč odločevalcem pri izbiri najboljše alternative izmed preučevanih,
- pomoč odločevalcem pri izločanju alternativ, ki se zdijo primerne,
- pomoč pri razporeditvi alternativ v padajočem vrstnem redu glede na njihovo delovanje.

Pri IBM-u [21] so zapisali svoje poglede na to, kaj uporabnik v osnovi najbolj potrebuje v programu za planiranje in razvrščanje:

- Pazljivo razvite modele za optimizacijo, s katerimi lahko izdelata najboljši plan ali razvrstitev za postavljene cilje, ob tem pa upošteva tudi več možnih stroškov, omejitev in preferenc.
- Analizo Kaj-če, analizo občutljivosti in primerjavo različnih scenarijev, pri čemer gre za funkcionalnosti, kjer lahko uporabnik spremeni predpostavke in/ali cilje in nato preveri, kaj se zgodi z obstoječo rešitvijo (plan, razvrstitev). Doseganje odličnosti pri raziskovanju različnih scenarijev je lahko za posamezno organizacijo vredno tudi več milijonov dolarjev.

Ti zahtevi so razdelali še nekoliko podrobneje:

- Vizualen prikaz kompleksnih naborov podatkov: vsakega posebej in v odnosu med njimi.

- Definiranje scenarijev: tu gre za nivo enostavnosti s katerim se lahko izdela posamezen scenarij brez večjih ovir pri prilagoditvah vhodnih podatkov, omejitev, poslovnih politik in preferenc, stroškov, predpostavk ali ciljev.
- Primerjava scenarijev: točno preverjanje razlik med dvema planoma/razvrstitvama.
- Razlaga zavezujočih omejitev: kvaliteta sporočil, ki jih uporabnik dobi ob kršenju omejitev.
- Možna nadzorovana sprostitvev omejitev glede na skupino: zmožnost preproste organizacije omejitev, poslovnih politik in preferenc v skupine z natančno določenimi prioritetami, ki omogočijo mehčanje omejitev.
- Ročne prilagoditve: zmožnost spreminjanja predlaganega plana ali razvrstitve ter s tem dodajanje človeškega znanja in presoje k uporabljeni matematiki in optimizaciji. Sistem mora biti sposoben po spremembah zagotoviti uporabne povratne informacije.
- Povezljivost: plan/razvrstitev mora biti mogoče preprosto izvoziti v preglednice (za poročanje ali nadaljnjo analizo) ali v sistem, ki bo plan izvedel. Podobno mora biti preprost tudi uvoz iz preglednic, podatkovnih skladišč ali proizvodnih baz podatkov.
- Vidljivost: zmožnost preverjanja stanja optimizacijskega procesa (rešitve za izbrani nabor podatkov) in razumevanje stopnje napredka.

Če bodo navedene funkcionalnosti zagotovljene, pri IBM-u dodajajo, da bodo pri uporabi in optimizaciji uspešni tudi "nestrokovni" uporabniki.

M. Liddel je v svoji knjigi [9] zapisal, da je APS v večini primerov le druga oznaka programske opreme za razvrščanje na omejene kapacitete, od katere pričakuje vse funkcionalnosti, ki na tem področju manjkajo poslovnim informacijskim sistemom. Osnovne funkcionalnosti, ki jih pričakuje od sistema APS, so:

- možnost natančnega razvrščanja na nivoju strojev (za razliko od nivoja delovnih centrov) in dodeljevanje različnih izmen in hitrosti za vsakega izmed strojev,
- možnost definiranja vsakega stroja kot končnega ali neskončnega vira,
- razvrščanje z upoštevanjem več omejitev (npr. orodja in delavci),
- možnost izračuna nastavitvenih časov, ki so odvisni od predhodne operacije,

- točno razvrščanje (minute ali sekunde) namesto daljših časovnih obdobj (dan, teden),
- omogočena preprosta integracija z ostalimi sistemi (npr. ERP, SFDC),
- možnost razvrščanja delovnih nalogov na osnovi roka dobave, prioritete ali drugega atributa,
- hitro razvrščanje (minute ali sekunde) in ohranjanje vpogleda na razvrstitev v realnem času,
- preprosto izvajanje sprememb, kot so npr. dodajanje novih nalogov, spreminjanje prioritet, dodajanje morebitnih okvar in zaključevanje operacij,
- možnost sinhronizacije razvrstitve z materialnimi omejitvami.

Ne spletu najdemo tudi mnogo strani ponudnikov, ki zagotavljajo, da nam lahko pomagajo pri izbiri ustrezne programske rešitve. Če se omejimo na sisteme razvrščanje proizvodnje, jih ena izmed njih (Capterra - <http://www.capterra.com>) filtrira na podlagi sledečih kriterijev:

- dostopnost: preko spleta ali z namestitvijo na računalnik,
- scenariji kaj-če,
- avtomatsko prerazvrščanje,
- optimizacija ozkih grl,
- planiranje kapacitet,
- upoštevanje dodatnih omejitev,
- razvrščanje opravil,
- planiranje materialov,
- več omejitev virov,
- razvrščanje na osnovi prioritet,
- nadzor kakovosti,
- povezava s proizvodnimi sistemi.

Pregled ponujene programske opreme v kategoriji razvrščanja proizvodnje samo potrdi, kar smo ugotovili ob pregledu literature – meje med funkcionalnostmi sistemov APS, ERP, MRP, MES in še katerimi so velikokrat kar nekoliko zabrisane, zato je poleg dobro določenih kriterijev za odločanje treba pripraviti tudi ustrezen nabor programskih orodij za vrednotenje. Pri določanju kriterijev bomo upoštevali tudi pričakovanja strokovnjakov, navedena v tem poglavju.

Poglavje 3 Oblikovanje modela za vrednotenje programov APS

V poglavju bomo predstavili, kako smo izdelali model vrednotenja programov APS, na katere ciljne skupine smo razdelili kriterije vrednotenja programov za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje, ter podrobneje opisali posamezne kriterije in razloge zanje.

3.1 Predstavitev modela

Kriteriji za ocenjevanje programske opreme v literaturi niso izdelani in jasno definirani. Točen pomen posameznega kriterija je odvisen od tega, kako si ga ocenjevalec razlaga. Včasih je terminologija, ki jo eni avtorji uporabljajo pri posameznem kriteriju, različna od tiste, ki jo pri istem kriteriju uporabljajo drugi avtorji. To lahko vodi v zmedo in ocenjevalcu daje nejasno sliko [7].

Model je bil razvit, da bi proizvodnim podjetjem olajšali izbiro pri odločitvi za nakup informacijske rešitve za planiranje in razvrščanje v proizvodnji. Modela za tako specializirano rešitev, kot so programi APS, namreč nismo uspeli najti. Kot vodilo pri razvoju smo uporabili pričakovanja, ki jih imajo pri sistemu strokovnjaki in so v manjši meri navedena tudi v drugem poglavju ter članku [17] o izboljšanju vrednotenja metodologije razvoja programske opreme. Nekoliko smo se oprli še na lastne izkušnje, pridobljene v skoraj sedmih letih dela na področju proizvodne informatike. Izdelani model upošteva tri skupine kriterijev, ki imajo tudi tri skupine odločevalcev:

- vodstvo podjetja (generalni, tehnični direktor), ki ga zanimajo predvsem ekonomski vidiki in izboljšave, ki jih ima uvedba takega sistema pri poslovanju podjetja,
- tehnični kader (vodja proizvodnje, vodja tehnološke priprave dela, vodja planske službe), ki obenem ni končni uporabnik in ga zanima tehnična ustreznost programa,
- končni uporabnik (planer), ki ga zanima predvsem to, kako mu bo program olajšal vsakodnevno delo in ga razbremenil morebitne odgovornosti zaradi slabega plana.

Posamezen kriterij je seveda lahko zanimiv tudi za več skupin hkrati, le da se vidiki ali pomembnost posameznega kriterija nekoliko zamenjajo. Nobenih razlogov ni, ki bi omejili skalabilnost postavljenega modela z vidika števila vključenih programov in dodajanja posameznih kriterijev za vrednotenje. Če je podjetje manjše in je manjše posledično tudi število presojevalcev, lahko kriterije tehničnega kadra in končnega uporabnika vrednoti ista oseba – npr. v primerih, ko je vodja proizvodnje obenem tudi planer in pozna oba vidika dela.

Po določitvi vseh kriterijev smo vsakega ovrednotili s tremi možnostmi: vrednost, ki velja za pozitivno in zaželeno, je dobila vrednost 1, tista, ki je nevtralna 0, negativna oz. nezaželena, pa -1. Poskusili smo tudi z več možnimi vrednostmi, vendar smo glede na postavljene pogoje ugotovili, da tri zadostujejo.

Vsem programom smo nato pri vsakem kriteriju določili vrednost, ki kar najbolje opisuje, kako posamezen program ustreza tistemu kriteriju. Potrebne lastnosti smo preverili s testiranjem posameznih programov, pogovori z uporabniki in proizvajalci teh programov in pregledom literature in tehnične dokumentacije.

Želeli smo, da bi imel uporabnik orodja za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje tudi možnost izbire, koliko mu je posamezen kriterij pomemben. Določenim je npr. cena bistveno pomembnejša, spet drugi si želijo, da jim bo program APS tehnološko ustrezal in se pri tem manj ozirajo na ceno. Za ta namen smo uporabili Likertovo lestvico [13], ki je namenjena izdelavi večine instrumentov, ki se uporabljajo v poslovnih raziskavah. Natančnost teh instrumentov določa, do katere mere se lahko izognemo napakam, in je zato za poslovne raziskovalce izredno pomembna. Odločili smo se za uporabo sedem stopenjske Likertove lestvice, s katero bomo označevali pomembnost posameznega kriterija za uporabnika orodja za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje. Uporabljene stopnje so:

- 1 – močno se ne strinjam,
- 2 – ne strinjam se,
- 3 – delno se ne strinjam,
- 4 – niti se ne strinjam, niti se strinjam,
- 5 – delno se strinjam,
- 6 – strinjam se,

7 – močno se strinjam.

Končni model razvoja orodja za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje vidimo na sliki 4.

Slika 4: Model razvoja orodja za izbiro ustreznega programa APS.



3.2 Predstavitev posameznih kriterijev

3.2.1 Ekonomski kriteriji

Strošek licence [7] je bil izbran, ker je celotna cena implementacije odvisna od obsega projekta in jo je zato težko posplošiti. Tu nekateri avtorji poudarjajo [9], da je bistveno pomembneje izbrati ustrezen program kot pa prihraniti nekaj dolarjev in da lahko ceno projekta brez težav primerjamo s stroškom izgube stranke, saj do tega pride, če podjetje ne naredi nič. Ker vrednotenja cene licenc za orodja, ki služijo naprednemu planiranju in razvrščanju proizvodnje, strokovnjaki še niso izdelali, smo postavili kriterij za ceno ene licence in ga določili na osnovi pregleda cen licenc desetih programov.

Vrednotenje kriterija stroška licenc: do 5.000€ (1), od 5.000 € do 10.000€ (0) in nad 10.000€ (-1).

Kakovost implementacije [5] je velikokrat odvisna od zahtev, ki jih ima proizvajalec programa do tistih, ki ga implementirajo (seveda je proizvajalec lahko tudi implementator in ima posledično najvišji nivo strokovnosti). V splošnem so implementatorji, ki morajo za pridobitev naziva opraviti šolanje ali pridobiti določene certifikate pri proizvajalcu programa, kakovostnejši kot drugi.

Vrednotenje kriterija kakovosti implementacije: visoka (1), srednja (0), nizka (-1).

Čas implementacije je odvisen od zahtev naročnika pa tudi zahtevnosti programa, ki se ga implementira. Ker zahtev naročnika ne moremo predvideti, bomo pri tem kriteriju upoštevali, da je čas, potreben za implementacijo, odvisen od zahtevnosti programa, kar avtomatično podaljša tudi šolanje uporabnikov.

Vrednotenje kriterija časa implementacije: kratek (1), srednji (0), dolg (-1).

Število referenc [7] je pomembno, ker nam pove, koliko je določen program razširjen. Pri tem ni pomembno le število uporabnikov, ki so dovolili, da jih ponudnik navede kot referenco, ampak tudi panoga, iz katere podjetje prihaja, ter katere sisteme uporabljajo (zaradi povezljivosti). Določili smo, da bo merilo število objavljenih študij primerov uvedbe.

Vrednotenje kriterija števila referenc: nad 50 (1), od 10 do 50 (0), do 10 (-1) objavljenih študij.

Kakovost podpore je odvisna od dosegljivosti in strokovnih kompetenc podjetja, ki nudi podporo.

Vrednotenje kriterija kakovosti podpore: dobra (1), srednja (0), slaba (-1).

Nadaljnji razvoj podjetju zagotavlja, da bo izbrano rešitev z nadgradnjami lahko uporabljal še dolgo časa in posledično koristil pridobljene prednosti dlje, ne da bi bila zato potrebna investicija v nov sodobnejši sistem.

Vrednotenje kriterija nadaljnjega razvoja: zagotovljen (1), pričakovan (0), ni na voljo (-1).

Nadgradljivost je pomembna, ker se zahteve podjetja spreminjajo in ker funkcionalnosti, ki jih imamo v sistemu APS danes, jutri ne bodo nujno dovolj. Podjetje se lahko tudi odloči, da najprej izbere licenco, ki omogoča manj funkcionalnosti, in tako preizkusi program APS. Kasneje, ko je v proizvodnem procesu program APS že dobro sprejet in uveden, pa lahko licenco in s tem funkcionalnost sistema nadgradi.

Vrednotenje kriterija nadgradljivosti: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Storitev v oblaku [4] – če se do programa APS lahko dostopa preko oblaka in ne le preko namestitve na lokalnih strežnikih, to zniža stroške, ki bi nastali zaradi lokalne infrastrukture in potrebe po vzdrževanju.

Vrednotenje kriterija storitve v oblaku: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Večjezičnost [16] je pomembna v primerih, ko ima podjetje več enot v različnih državah in želi, da bi povsod uporabljali enak program.

Vrednotenje kriterija večjezičnosti: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

3.2.2 Tehnični kriteriji

Nadaljnji razvoj omogoča, da se bo rešitev prilagajala spremenjenim zahtevam in koristila algoritme razvrščanja ter druge optimizacijske tehnike, ki jih bodo razvili. Rešitev, za katero nimamo zagotovljenega razvoja, bo slej ko prej tehnološko zastarela, kar bi lahko pomenilo menjavo programa in posledično morebitne prilagoditve podatkov v drugih sistemih.

Vrednotenje kriterija nadaljnjega razvoja: zagotovljen (1), pričakovan (0), ni na voljo (-1).

Nadgradljivost je pomembna v primeru, da se pojavi potreba po večjemu nivoju funkcionalnosti, kot ga omogoča na začetku kupljena licenca.

Vrednotenje kriterija nadgradljivosti: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Storitev o oblaku [4] – če se do programa APS lahko dostopa preko oblaka in ne le preko namestitve na lokalnih strežnikih, se posodobitve programa odvijajo centralno in informatika v podjetju s tem ni obremenjena. Obenem je storitev tako varnejša, zanesljivejša in bolj skalabilna.

Vrednotenje kriterija storitve v oblaku: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Povezljivost sistema APS [21] je ključna, saj v veliki večini primerov potrebne podatke za planiranje in razvrščanje dobi iz drugega sistema (običajno ERP-ja). Pogosto se povezuje tudi s sistemi za zajem podatkov iz proizvodnje (npr. z MES-om). Nekateri imajo že certificirane vmesnike za povezovanje z najpogostejše uporabljenimi sistemi ERP, drugi pa nudijo druge načine, kot so npr. izmenjevalne tabele, čarovniki za uvoz, uvoz iz preglednic ...

Vrednotenje kriterija povezljivosti: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Samostojna uporaba je lahko prednost, če podjetje še nima sistema, v katerem bi planiralo delovne naloge in hranilo ostale podatke, pomembne za planiranje in razvrščanje. Samostojna uporaba je omogočena pri programih, ki so samostojne rešitve in niso del/modul sistema ERP.

Vrednotenje kriterija samostojne uporabe: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Podrobnejša **časovna natančnost** je pričakovana v sistemih APS, saj naj bi bili ti za razliko od sistemov, ki uporabljajo časovna obdobja (dnevi, tedni, meseci) bistveno natančnejši (sekunde, minute).

Vrednotenje kriterija časovne natančnosti: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Avtomatsko razvrščanje [9] proizvodnih operacij na podlagi postavljenega modela proizvodnje z vsemi proizvodnimi viri in njihovimi kapacitetami je osnova za sistem APS, saj je ravno s tem zagotovljena hitra izdelava razvrstitve.

Vrednotenje kriterija avtomatskega razvrščanja: omogočeno (1), delno omogočeno (0), ni omogočeno (-1).

Ročni posegi [21] morajo biti ravno tako omogočeni, saj le avtomatizem velikokrat ni dovolj. Vpliv ročnih posegov se ob velikem številu operacij bistveno zmanjša, saj se posledično zmanjša tudi preglednost plana, kar otežuje ročne posege. Ročni posegi so sledeči: prerazporejanje po času ali na drug proizvodni vir, spreminjanje prioritet, urejanje koledarjev, spreminjanje časov...

Vrednotenje kriterija ročnih posegov: omogočeni (1), delno omogočeni (0), niso omogočeni (-1).

Različni **načini razvrščanja** (npr. razvrščanje na podlagi roka dobave ali prioritete) so ravno tako kriteriji, ki sisteme APS ločijo od funkcij, ki jih imajo npr. nekateri sistemi ERP.

Vrednotenje kriterija načina razvrščanja: omogočeni (1), delno omogočeni (0), niso omogočeni (-1).

S kriterijem **materiali** [14] označujemo:

- aktualne zaloge osnovnih materialov in polizdelkov,
- predvidene dobave osnovnih materialov in polizdelkov, ki vstopajo v posamezen tehnološki korak.

Ti podatki morajo biti vzdrževani v drugem sistemu in se v sistem APS samo uvozijo oz. so mu na voljo pri izdelavi razvrstitve (razen v primeru, ko program APS ni povezan z drugimi).

Vrednotenje kriterija materialov: omogočeni (1), delno omogočeni (0), niso omogočeni (-1).

Dodatne omejitve [9] (npr. delavci, orodja) je treba pri razvrščanju ravno tako upoštevati.

Vrednotenje kriterija dodatnih omejitev: omogočene (1), delno omogočene (0), niso omogočene (-1).

Uporaba **kosovnice** na posamezni operaciji/nalogu: program APS mora znati z upoštevanjem kosovnice izdelati plan tudi za izdelavo zahtevnih končnih izdelkov, ki so sestavljeni iz mnogih delov, ki jih proizvajajo z ločenimi delovnimi nalogi oziroma so npr. na zalogi.

Vrednotenje kriterija kosovnice: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Odvisne nastavitve – s tem smo označili zmožnost, da sistem ne upošteva vedno samo časa za nastavitve, ki je določen za posamezno operacijo oz. tehnološki korak, ampak zna nastavitveni čas tudi preračunati. Dober primer je brizganje plastike, kjer se na stroj, ki brizganje izvaja in s tem izdeluje želene kose, namesti posebno orodje. Tam je čas za nastavitve stroja (montažo orodja) lahko bistveno krajši (oz. ga ni), če se je že za predhodno operacijo uporabljalo isto orodje.

Vrednotenje kriterija odvisnih nastavitvev: omogočene (1), delno omogočene (0), niso omogočene (-1).

3.2.3 Uporabniški kriteriji

Kakovost podpore za uporabnika se meri predvsem v času, v katerem v primeru težav dobijo strokovnjaka, s katerim se lahko pogovorijo v domačem jeziku.

Vrednotenje kriterija kakovosti podpore: dobra (1), srednja (0), slaba (-1).

Nadaljnji razvoj omogoča, da se bo program APS razvijal in prilagajal tehnološkemu napredku ter tako uporabniku omogočal normalno delovanje tudi več let po nakupu, namesto da bi se moral učiti uporabljati nov program.

Vrednotenje kriterija nadaljnjega razvoja: zagotovljen (1), pričakovan (0), ni na voljo (-1).

Večjezičnost [16] je pomembna predvsem pri programih tujih proizvajalcev, saj vsi uporabniki ne znajo (dovolj dobro) angleško. Uvajanje programa je za uporabnike velikokrat bistveno lažje, če je na voljo različica v njihovem domačem jeziku.

Vrednotenje kriterija večjezičnosti: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Avtomatsko razvrščanje [9] proizvodnih operacij na podlagi postavljenega modela proizvodnje z vsemi proizvodnimi viri in njihovimi kapacitetami je osnova za sistem APS, saj je ravno s tem zagotovljena hitra izdelava razvrstitve.

Vrednotenje kriterija avtomatskega razvrščanja: omogočeno (1), delno omogočeno (0), ni omogočeno (-1).

Ročni posegi [21] omogočajo planerju uporabo pridobljenega znanja in izkušenj ter zmanjšajo občutek nadomestljivosti ob uvedbi avtomatizirane informacijske rešitve za planiranje in razvrščanje proizvodnje. Ročni posegi so: prerazporejanje po času oz. na drug proizvodni vir, spreminjanje prioritet, urejanje koledarjev, spreminjanje časov ...

Vrednotenje kriterija ročnih posegov: omogočeni (1), delno omogočeni (0), niso omogočeni (-1).

Hitro odzivanje na nepredvidene dogodke, kot so npr. okvara strojev, zamuda z materialom, odsotnost delavcev, nujna naročila ipd.

Vrednotenje kriterija hitrega odzivanja: omogočeno (1), delno omogočeno (0), ni omogočeno (-1).

Interaktivna **planska tabla** z gantogramom, ki poenostavi pregled nad razvrščenimi operacijami delovnih nalogov in zasedenostjo posameznih proizvodnih virov.

Vrednotenje kriterija planske table: omogočena (1), delno omogočena (0), ni omogočena (-1).

Funkcionalnost **CTP** (Capable to Promise) omogoča planerju, da prodajni službi hitro odgovori na morebitno strankino povpraševanje, ali lahko v proizvodnji določeno potencialno naročilo pravočasno izdelajo, saj preveri ne le omejitve materialov, ampak tudi kapacitete.

Vrednotenje kriterija CTP: omogočen (1), delno omogočen (0), ni omogočen (-1).

Scenariji kaj-če so med ključnimi funkcionalnostmi sistemov APS, saj uporabniku omogočajo preigravanje različnih scenarijev in na koncu izbiro najprimernejšega.

Vrednotenje kriterija scenarijev kaj-če: omogočeni (1), delno omogočeni (0), niso omogočeni (-1).

Zadovoljstvo uporabnikov [3] je še posebej pomembno, ko je uporaba sistema obvezna in obseg uporabe ni pravilen pokazatelj uspešnosti sistema.

Vrednotenje kriterija zadovoljstva uporabnikov: zadovoljni (1), delno zadovoljni (0), nezadovoljni (-1).

Kot smo zapisali že v predstavitvi modela, je lahko posamezen kriterij zanimiv za vse tri interesne skupine, pri čemer ga vsaka obravnava nekoliko drugače. Dober primer je npr. nadaljnji razvoj, ki je za vodstveni kader pomemben zaradi kar se le da dolgega koriščenja prednosti sistema in odlaganja morebitne nove investicije zaradi zastarelosti programa. S tehničnega vidika je razvoj pomemben, ker zagotavlja nadgradnje z novimi metodami za učinkovitejše razvrščanje, končnemu uporabniku pa zagotavlja prilagoditve tehnološkemu razvoju in posledično dolgotrajno uporabo, ne da bi se moral zaradi zastarelosti obstoječega programa učiti uporabljati novega.

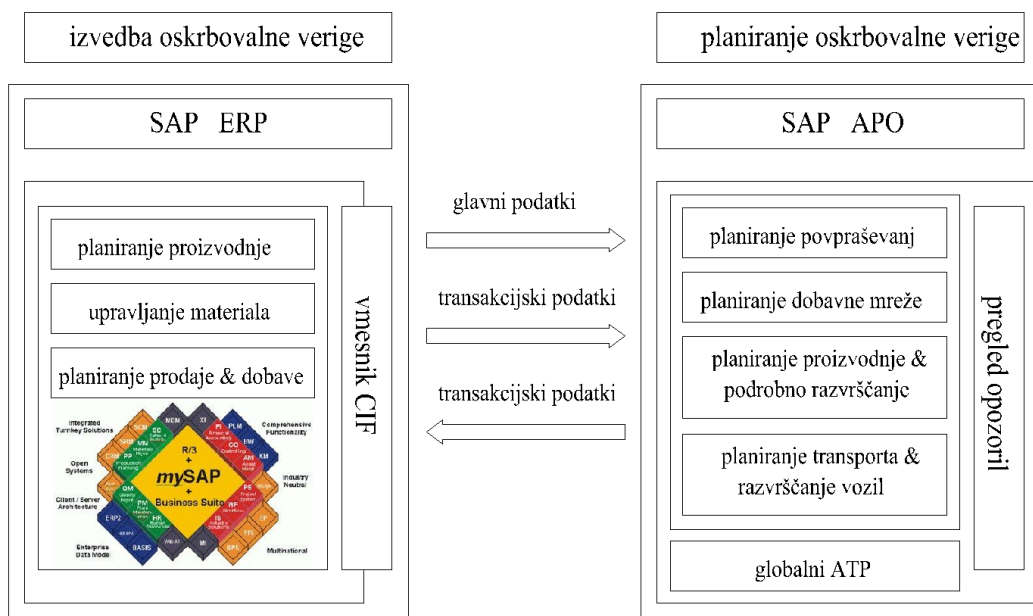
Poglavje 4 Predstavitev izbrane programske opreme

V tem poglavju sledi pregled nekaterih izmed izbranih orodij, ki se uporabljajo za napredno planiranje in razvrščanje, ter njihovo vrednotenje glede na kriterije iz prejšnjega poglavja. Želeli smo, da bi programe lahko izbrali na podlagi neodvisne raziskave tržišča, vendar pa take raziskave nismo našli, zato so bili programi izbrani iz množice ponudnikov na trgu glede na število uporabnikov (SAP APO, Preactor), odprtokodni princip (FrePPLe) ali kot najpogostejše uporabljena nenamenska rešitev za planiranje in razvrščanje (MS Excel).

4.1 SAP APO

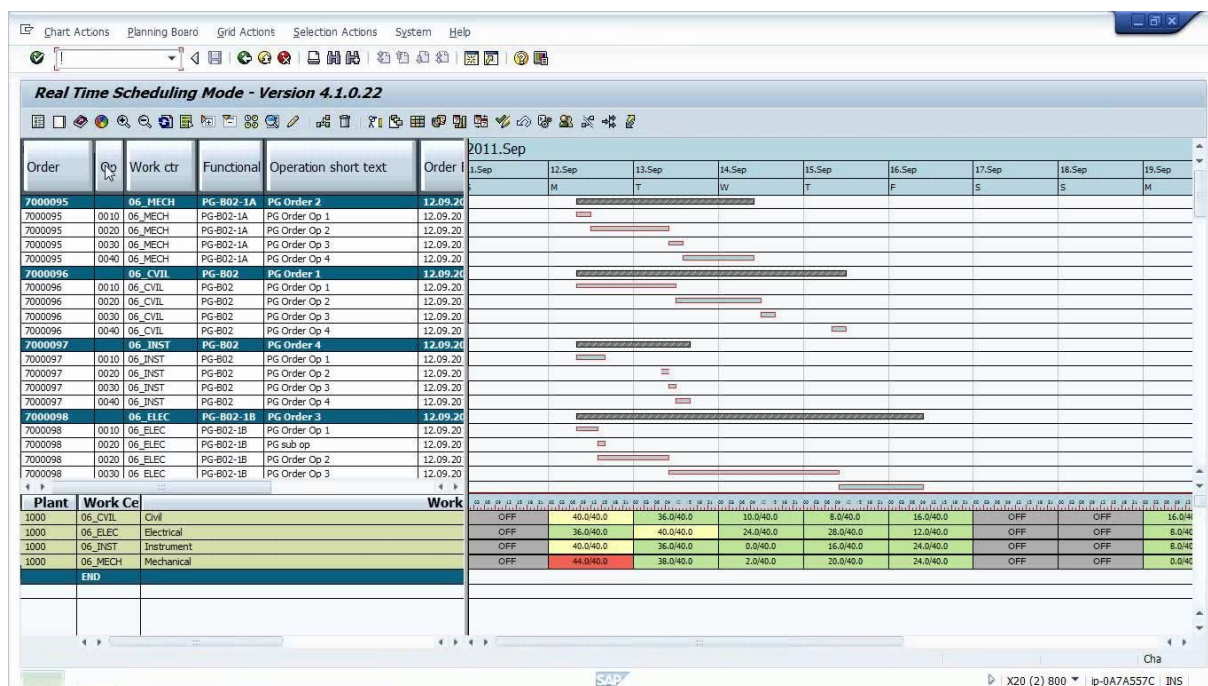
Družba SAP (<http://www.sap.com>) ima sedež v Walldorfu v Nemčiji in podružnice v več kot 130 državah po svetu. V 188 državah ima več kot 253.500 strank. Je vodilna družba na področju programske opreme in povezanih storitev za podjetja. Po tržni kapitalizaciji je tretji največji neodvisni proizvajalec programske opreme.

Najbolj je znana po poslovnem informacijskem sistemu SAP ERP. Vsaka izmed njenih rešitev (modulov) je povezana z njihovimi ostalimi moduli. Na področju planiranja in naprednega razvrščanja proizvodnje je SAP prisoten z modulom APO (Advanced Planner and Optimizer), ki ga ponuja v sklopu poslovnega paketa SCM. Gre za več aplikacij planiranja oskrbovalne verige, ki izboljšajo splošno znanje o oskrbovalni verigi in nudijo napovedovanje, planiranje in optimizacijo. APO ni samostojen program, ampak se integrira s SAP ERP-jem, ki v realnem času priskrbi vse potrebne podatke, kot vidimo na sliki 5. Znotraj modula SAP APO je osem aplikacijskih nivojev: načrt mreže, planiranje dobavne mreže, planiranje povpraševanj, planiranje proizvodnje in podrobno razvrščanje, planiranje transporta in razvrščanje vozil, globalni ATP in sodelovanje oskrbovalne verige.



Slika 5: Povezava med SAP ERP in SAP APO [2]

Med komponentami modula SAP APO smo se osredotočili na komponento za planiranje proizvodnje in podrobno razvrščanje. Ta omogoča planiranje in optimizacijo proizvodnje (lahko tudi na več lokacijah) in ob tem upošteva dosegljivost izdelkov in kapacitet. Zasnovana je z namenom planiranja kritičnih izdelkov, kot so tisti z dolgimi proizvodnimi časi ali tisti, ki se proizvajajo na delovnih mestih, ki so ozka grla v proizvodnji. Na sliki 6 vidimo razvrščanje z uporabo komponente za podrobno razvrščanje modula SAP APO. Z izdelavo plana znotraj te komponente je možno zmanjšati proizvodne čase, izboljšati pravočasne dobave, povečati proizvodnjo zaradi boljšega upravljanja in planiranja virov ter zmanjšati stroške zalog.



Slika 6: Razvrščanje z uporabo komponente za podrobno razvrščanje modula SAP APO.

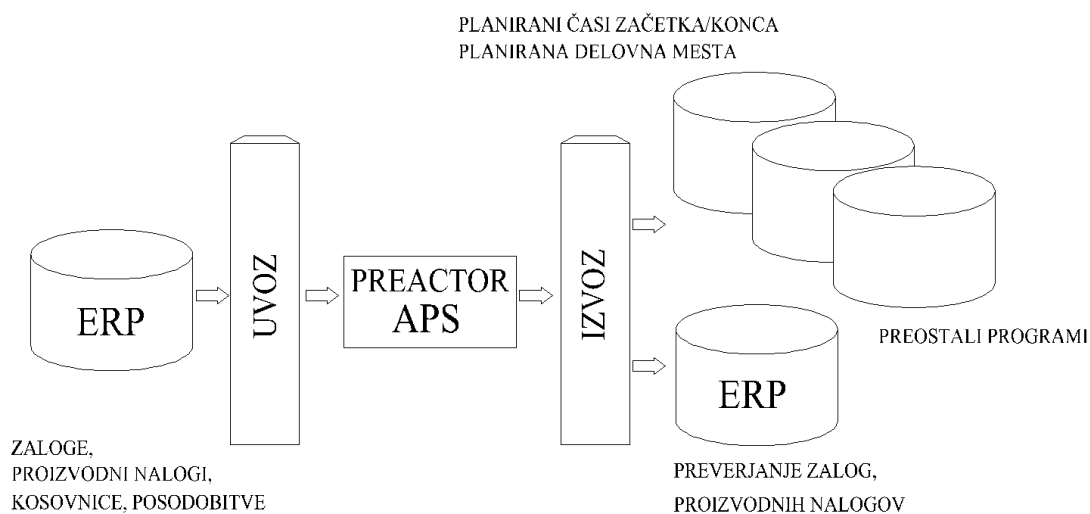
4.2 Preactor 400 APS

Preactor International (<http://www.preactor.com>) je vodilni svetovni proizvajalec programske opreme za planiranje in razvrščanje proizvodnje, ki jo uporabljajo podjetja iz različnih proizvodnih panog. Podjetje je bilo ustanovljeno pred več kot 20 leti. Med ustanovitelji je bil tudi Mike Novels, vodilni strokovnjak za tehnologijo planiranja in razvrščanja. Preactorjeva napredna tehnologija, povezana z rešitvami ERP, MES in rešitvami za upravljanje oskrbovalne verige se uporablja v več kot 4500 majhnih, srednjih in tudi velikih mednarodnih podjetjih v 75 državah. Preactor ponuja skupino rešitev, ki obsegajo vse od srednjeročnega in dolgoročnega planiranja kapacitet do podrobnega razvrščanja, in je prevedena v 30 jezikov [23].

Preactor International ima po svetu mrežo več kot 400 partnerjev in ponudnikov rešitev, ki zagotavljajo implementacijo in lokalno podporo. Uporabljajo ga podjetja z diskretno, procesno in mešano proizvodnjo. Enako uspešen je pri modeliranju proizvodnje, ki vsebujejo stroje, pakirne linije, cisterne, montažne linije itn. Lahko se ga prilagodi posamezni proizvodnji, uporabljajo pa ga tudi v storitveni in transportni panogi. Tako se med njegove reference uvrščajo različna podjetja od Coca Cole, Toyote, Siemens pa vse do dunajskega

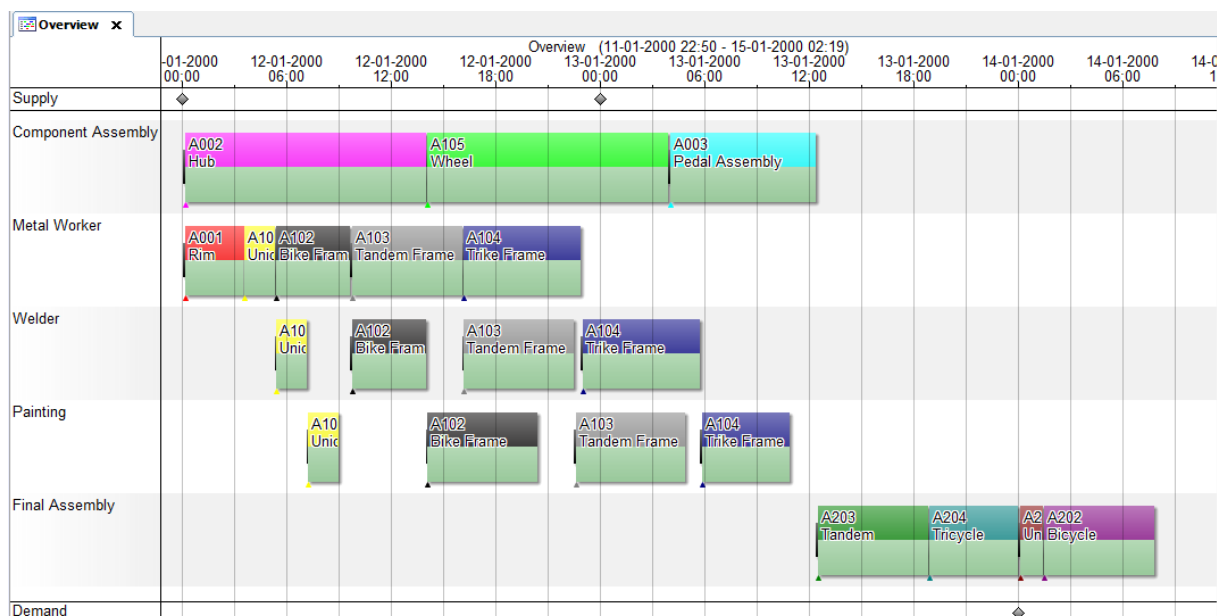
letališča. Kar nekaj uporabnikov najdemo tudi v Sloveniji. Z uporabo pravil za razvrščanje izdelava plan proizvodnje, ki določa zaporedje opravil za vsak vir.

Običajno se Preactor uporablja v povezavi s sistemi ERP in MES, ki zagotavljajo potrebne podatke za izdelavo plana (slika 7). Na voljo je več načinov integracije Preactorja z npr. sistemom ERP: od preprostega prenosa datotek (naloge z operacijami in posodobitvami pošljejo v Preactor, vrnejo pa planiran čas začetka/konca in proizvodni vir za vsako operacijo) pa do integracije, pri kateri ob določenih dogodkih izdelajo datoteke XML. V kolikor podjetje še ne uporablja drugih sistemov s podatki, pomembnimi za planiranje, je mogoče Preactor uporabiti tudi kot samostojen sistem.



Slika 7: Preactor v povezavi s sistemom ERP in ostalimi. [22]

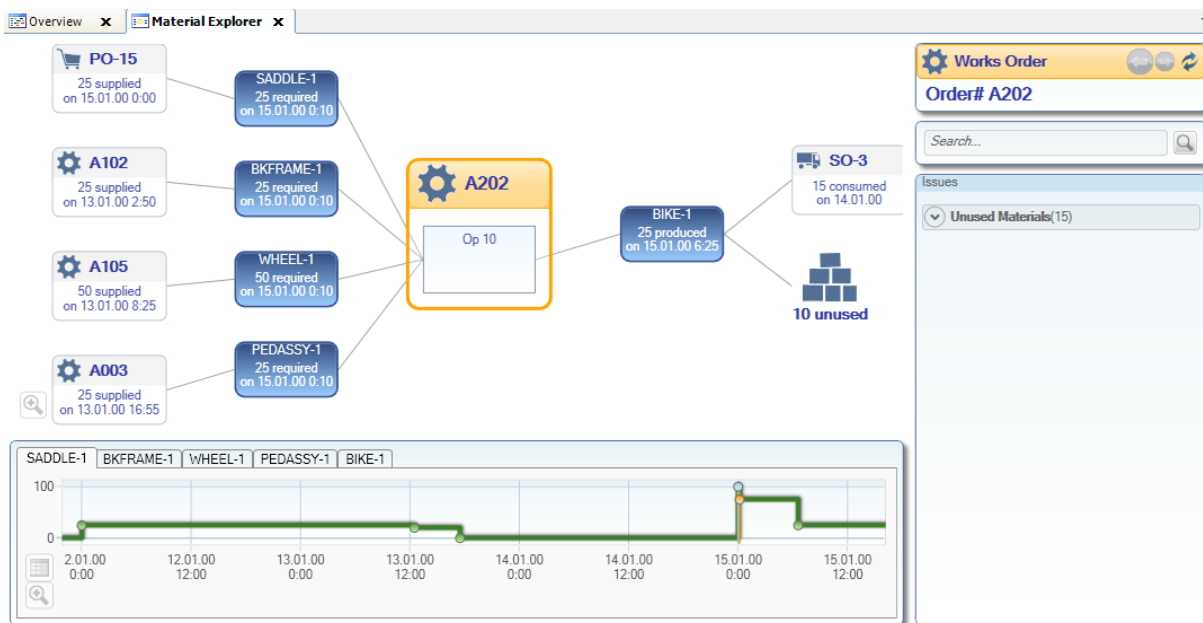
Preactor so razvili z mislijo na uporabnike. Preprost je za uporabo, vendar vsebuje močna orodja, ki pomagajo planerju manipulirati s planom in upravljati podjetje tako, da bodo realni poslovni načrti doseženi. Orodje pomaga pri odločanju in planerju omogoči, da sprejema boljše odločitve. Operacije prikaže na gantogramu (slika 8), planerju pa omogoča manipulacijo in preverjanje alternativnih strategij, kot so spremembe v prioriteti nalogov ali planirano vzdrževanje ključnih virov.



Slika 8: Gantogram v Preactorju 400 APS.

Obstaja več licenc, ki pogojujejo funkcionalnosti, jedro programa pa je v osnovi enako pri vseh. Tako je na voljo razvrščanje na omejene kapacitete, ki ga predstavljata 200 FCS in 300 FCS, napredno planiranje in razvrščanje je omogočeno v Preactor 400 APS in 500 APS, obstaja pa tudi Preactor 400 GMPS, ki lahko nadomesti funkcionalnosti MRP-ja. Ker podjetje na trgu ponuja tudi brezplačno rešitev, poimenovano Preactor Express, smo se odločili poleg različice Preactor 400 APS ovrednotiti še to.

Preactor 400 APS in višje različice omogočajo povezovanje nalogov ter posledično preprosto in samodejno upoštevanje realnih omejitev in nepričakovanih zakasnitev. Vsebuje funkcijo, ki ustvari povezave med nalogi. Te povezave nato uporabi Preactor in zagotovi, da se le takrat, ko so materiali z enega ali več proizvodnih nalogov na voljo, lahko izdelava nalog, ki te materiale porablja in je z njimi povezan. Ta relacija je prikazana v Raziskovalcu materialov (slika 9). Uporabnik lahko določi pravila, s katerimi nadzoruje, kateri proizvodni nalogi bodo povezani z nalogi, ki porabljajo.



Slika 9: Raziskovalec materialov v Preactorju 400 APS.

4.3 Preactor Express

Preactor Express je program za razvrščanje proizvodnje proizvajalca Preactor International, ki si ga lahko uporabniki od leta 2011 brezplačno prenesejo s spletne strani. 30 dni ga lahko poljubno preizkušajo, potem pa ga je za nadaljnjo brezplačno uporabo potrebno aktivirati (registrirati preko spletnega obrazca). Ima okrnjene funkcionalnosti, saj je namenjen le kot vstopni produkt v Preactorjevo družino izdelkov. Kljub temu ponuja že kar nekaj možnosti:

- avtomatsko razvrščanje na omejene/neomejene proizvodne vire,
- nekaj različnih načinov razvrščanja,
- ročni posegi na interaktivni planski tabli,
- število delovnih operacij,
- predloge koledarja, različna poročila,
- poizvedovanje po zmožnosti pravočasnega zaključka naloga (brez upoštevanja materialov) ...

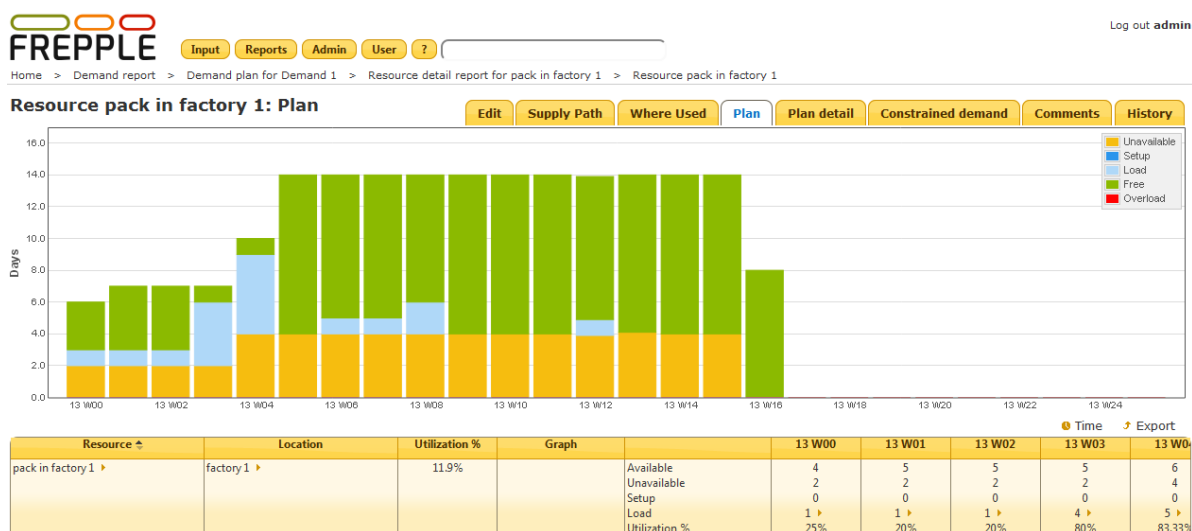
Od preostalih Preactorjev ga loči predvsem dejstvo, da Preactor Express ni povezljiv z ostalimi sistemi, ampak se podatke lahko uvaža preko vnaprej pripravljenih Excelovih datotek. Je pa zaradi brezplačne dosegljivosti dovolj zanimiv za podjetja, ki se za planiranje in razvrščanje proizvodnje še odločajo, zato smo ga vključili v nabor.

4.4 FrePPLe

FrePPLe (<http://frepple.com/>) pomeni Free Production Planning (brezplačno planiranje proizvodnje). Gre za odprtokodno orodje APS, ki ga izdeluje belgijsko podjetje FrePPLe BVBA. Program nudi ogrodje za modeliranje procesa planiranja in razvrščanja ter omogoča razvoj specializiranih aplikacij za naslavljanje specifičnih problemov. V osnovi je namenjen diskretni proizvodnji. FrePPLe je zasnovan z namenom, da bi bil modularen, razširljiv in prilagodljiv potrebam podjetja.

FrePPLe z uporabo algoritmov planiranja izdelava plan, ki priskrbi odgovore na naslednja vprašanja:

- **Plan povpraševanj:** Smo povpraševanjem zadostili? Katero bo planirano pozno oz. kateremu ne bomo zadostili?
- **Plan kapacitet:** Kako zasedeni so proizvodni viri (slika 10)?



Slika 9: Prikaz zasedenosti posameznega vira v frePPLe.

- **Plan proizvodnje:** Katere operacije so planirane v naši proizvodnji?

- **Plan nabave:** Kaj in kdaj moramo naročiti pri naših dobaviteljih materiala?
- **Plan zalog:** Koliko zalog bo na voljo?
- **Težave:** Osvetljevanje izjemnih stanj v proizvodnji, kot so npr. prezasedene kapacitete v planih, pozni nalogi, pomanjkanje materiala ... (slika 11)

FREPPLE [Input](#) [Reports](#) [Admin](#) [User](#) [?](#) [Log out admin](#)

Home > Demand report > Inventory detail report > Problem Report

Problem Report

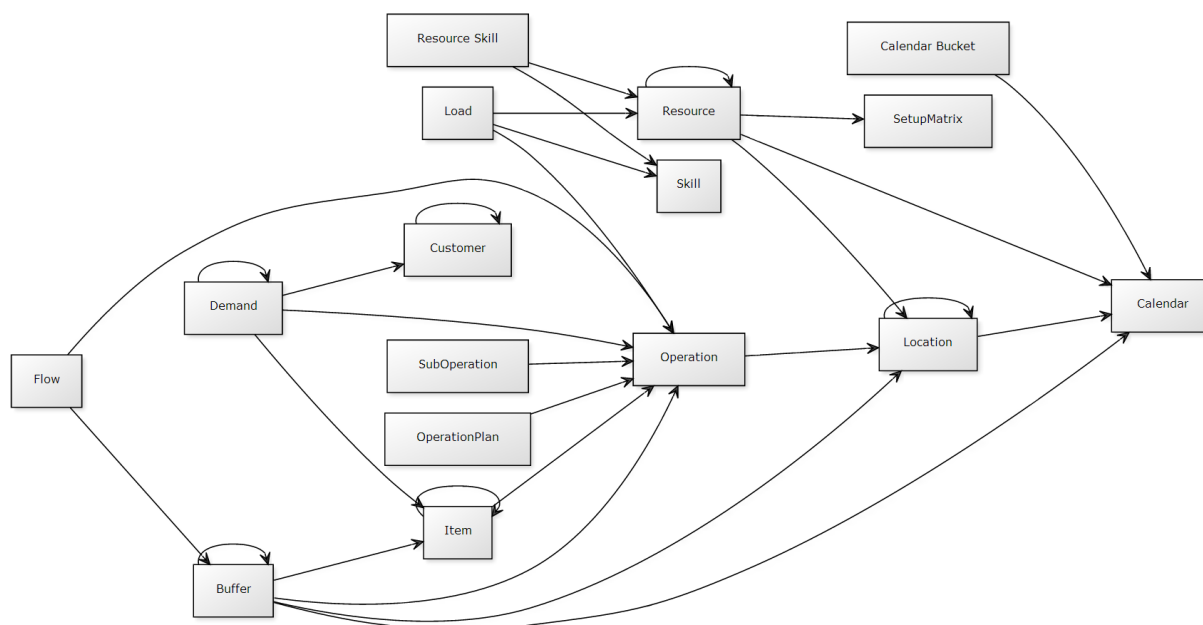
[Filter](#) [Export](#)

Entity	Name	Owner	Description	Start Date	End Date
demand	late	Demand 1	Demand 'Demand 1' planned P14D after its due date	2013-01-01 00:00:00	2013-01-15 00:00:00
demand	late	Demand 10	Demand 'Demand 10' planned P5D after its due date	2013-02-01 00:00:00	2013-02-06 00:00:00
demand	early	Demand 11	Demand 'Demand 11' planned P2D before its due date	2013-03-23 00:00:00	2013-03-25 00:00:00
demand	late	Demand 12	Demand 'Demand 12' planned P9D after its due date	2013-02-03 00:00:00	2013-02-12 00:00:00
demand	late	Demand 13	Demand 'Demand 13' planned P9D after its due date	2013-02-04 00:00:00	2013-02-13 00:00:00
demand	late	Demand 14	Demand 'Demand 14' planned P30D after its due date	2013-01-02 00:00:00	2013-02-01 00:00:00
demand	early	Demand 4	Demand 'Demand 4' planned P2D before its due date	2013-03-29 23:00:00	2013-04-01 00:00:00
demand	late	Demand 7	Demand 'Demand 7' planned P6D after its due date	2013-02-02 00:00:00	2013-02-08 00:00:00
demand	late	Demand 9	Demand 'Demand 9' planned P8D after its due date	2013-01-25 00:00:00	2013-02-02 00:00:00
material	material excess	fabric @ factory 1	Buffer 'fabric @ factory 1' has material excess of 78	2013-01-11 00:00:00	2013-01-14 00:00:00
material	material excess	fabric @ factory 1	Buffer 'fabric @ factory 1' has material excess of 22	2013-01-22 00:00:00	2013-01-24 00:00:00
material	material excess	fabric @ factory 1	Buffer 'fabric @ factory 1' has material excess of 90	2013-01-25 00:00:00	2013-01-28 00:00:00
material	material excess	fabric @ factory 1	Buffer 'fabric @ factory 1' has material excess of 20	2013-01-29 00:00:00	2013-02-12 00:00:00
material	material excess	fabric @ factory 2	Buffer 'fabric @ factory 2' has material excess of 900	2013-03-21 00:00:00	2030-12-31 00:00:00
material	material excess	ink @ factory 1	Buffer 'ink @ factory 1' has material excess of 264	2013-01-02 00:00:00	2030-12-31 00:00:00
material	material excess	product @ factory 1	Buffer 'product @ factory 1' has material excess of 42	2013-01-12 00:00:00	2013-01-14 00:00:00
material	material excess	product @ factory 1	Buffer 'product @ factory 1' has material excess of 6	2013-01-26 00:00:00	2013-01-28 00:00:00
material	material excess	product @ factory 1	Buffer 'product @ factory 1' has material excess of 100	2013-02-02 00:00:00	2013-02-04 00:00:00
material	material excess	product @ factory 2	Buffer 'product @ factory 2' has material excess of 10	1971-01-01 00:00:00	2013-01-01 00:00:00

Page 1 of 1 View 1 - 21 of 21

Slika 11: Izpis težav v frePPLe.

Na voljo ima več algoritmov planiranja, ki so v psevdokodi opisani na spletni strani, kjer je tudi podrobnejši vodič za modeliranje z opisom vseh potrebnih entitet (npr. koledar, vir, operacija, zahteva/povpraševanje...) in njihovih odnosov, kot je razvidno s slike 12.



Slika 12: Entitete in njihovi odnosi v programu FrePPLe.

Načini uvoza podatkov so naslednji:

- Priporočena in najhitrejša metoda je direkten dostop do tabel v bazi preko baznega orodja ali poljubnega programa ETL (za prenos podatkov iz ene baze v drugo). Shema baze FrePPLe je ravno zato preprosta in transparentna.
- S pomočjo vgrajenega ukaza uvozimo datoteka XML, JSON ali YAML.
- Preko uporabniškega vmesnika uvozimo datoteke CSV.

Izvoz poteka podobno – bazno orodje, ETL, datoteke XML, JSON, YAML in CSV.

Prek spletne strani je na voljo namestitvev za okolje Windows (Windows XP, Windows 7 in Windows 8) in Linux (Fedora16 ali novejši, Red Hat Enterprise Linux 6, Ubuntu LTS). FrePPLe podpira podatkovno bazo PostgreSQL 9 in SQLite. Uporablja spletni uporabniški vmesnik (Chrome, Firefox, Internet Explorer, Safari in Opera so preverjeni). Pri namestitvi lahko uporabnik izbira med licenco AGPL po načelu "kar je odprtokodno, mora tako tudi ostati" ali komercialno licenco OEM, če ne želi biti vezan na navedeno načelo. Za testiranje smo uporabili AGPL licenco.

4.5 MS Excel

Že leta 2005 so v nizozemskem svetovalnem podjetju EyeOn med 26 podjetji iz visokotehnoloških panog opravili raziskavo [14] o sistemih APS. Sestavljena je bila iz treh delov: iz pisnih odgovorov na vprašanja, intervjuja in dela, v katerem so preverili pridobljene informacije. Med izsledki raziskave je med drugim zanimiva ugotovitev, da je med podjetji veliko razlik, so si pa na področju sistemov za planiranje enaka v eni stvari, in to v uporabi Microsoft Excela kot orodja za podporo pri planiranju.

M. Lidell v svoji knjigi [9] Excel poimenuje kar "lažni mesija" in opiše, kako je Excel postal tako pogost pri izdelavi planov in razvrstitev. Planerji niso neumni. Še več – zaradi njihove odgovornosti, da mora vse teči gladko, so največkrat precej pametni. Ko ugotovijo, da jim sistem ERP pri izdelavi in vzdrževanju veljavne razvrstitve ne bo pomagal, poiščejo alternativno rešitev, ki jim ne zagreni življenja.

Ker je za večino ljudi Excel primerna izbira in običajno še nič ne stane, velikokrat postane "najljubše mamilo". In kot pri večini ostalih mamil lahko stranski učinki stvari poslabšajo oz. so včasih tudi usodni. Če je časa dovolj, lahko nedvomno tudi Excel izdela veljavno razvrstitev. Ampak tudi potrpežljiva oseba lahko sestavi veljavno razvrstitev z uporabo listkov in zidu. Velika težava je neverjetna količina časa in energije, ki je potrebna, da se razvrstitev dnevno popravlja, vemo pa, da se spremembe lahko dogajajo ves in vsak dan. Ko se zgodi sprememba v proizvodnji, njenega vpliva na celoto ni možno izračunati brez sistema, ki je izdelan za ta namen. Ko je podjetje sposobno hitro in inteligentno prerazporediti proizvodnjo, bo imelo takojšnjo prednost pred njihovo počasno konkurenco, še dodaja Lidell.

Podjetja imajo tako dve možnosti [9]:

- 1. možnost: zaposlijo več ljudi, ki so v celoti zadolženi za ročno posodabljanje razvrstitve večkrat dnevno in tako upoštevajo vse nove naloge, nabavo, okvare strojev, bolne delavce in pozne dobave.
- 2. možnost: kupijo sistem, ki naredi vse to vsak dan v samo nekaj sekundah.

Praksa pove, da se velika večina podjetij v Sloveniji še ni odločila za 2. možnost. To je tudi glavni razlog, da smo MS Excel izbrali kot enega od priljubljenih orodij, čeprav v osnovi ni bil namenjen uporabi kot orodje APS.

Na trgu je na voljo še mnogo drugih rešitev, vendar smo se odločili le za nekaj predstavnikov. Orodje za vrednotenje omogoča dodajanje novih – več ko jih bo, bolj bo orodje primerno za uporabo.

Poglavje 5 Izdelava in uporaba orodja za vrednotenje programov APS

V nadaljevanju bomo opisali izdelavo rešitve v Excelu, s pomočjo katere smo razvili orodje za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnih operacij. Sledi primer uporabe v enem izmed slovenskih podjetij, ki se odloča za nakup programa APS.

5.1 Izdelava orodja v Excelu

Po določitvi kriterijev smo opravili vrednotenje programov, kar je bil nedvomno časovno zahteven del diplomskega dela, saj je bilo treba pregledati dosegljivo dokumentacijo o funkcionalnostih posameznih programov, v nekaterih primerih pa smo se pogovorili tako z uporabniki kot tudi razvijalci. Kjer je bilo izvedljivo, smo program tudi preizkusili. Rezultati vrednotenja programov so v prilogi.

Ko smo torej pridobili vse ustrezne podatke, smo orodje za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje izdelali kar v Excelu. Tu je, seveda, mogoče izboljšati marsikaj, je pa v začetni fazi tega orodja namenska Excelova datoteka kar primerna za bolj množično testiranje, dodajanje podatkov in pošiljanje po elektronski pošti.

Sestavljena je iz dveh listov – na prvem je uporabniški vmesnik, kamor vse tri ciljne skupine (vodstvo, tehnični kader in uporabniki) vnesejo pomembnost posameznih kriterijev (9 ekonomskih, 13 tehničnih in 10 uporabniških) po sedemstopenjski Likertovi lestvici (1-7), kot vidimo na sliki 13. Kriteriji so obarvani glede na interesno skupino, ki so ji namenjeni. Na tem listu so vidni tudi končni rezultati vrednotenja, ki se preračunajo po vsakem vnosu pomembnosti kriterija.

Slika 13: Excelova datoteka z vrednostmi pomembnosti posameznih kriterijev po Likertu.

		ORODJE ZA IZBIRO USTREZNEGA PROGRAMA ZA NAPREDNO PLANIRANJE IN RAZVRŠČANJE PROIZVODNJE									
Pomembnost kriterija 1-7											
strošek licence	7										
kakovost implementacije	7										
čas implementacije	5										
število referenc	5										
kakovost podpore	5										
nadaljni razvoj	5										
nadgradljivost	5										
storitev v oblaku	5										
večjezičnost	5										
nadaljni razvoj	5										
nadgradljivost	4										
storitev v oblaku	4										
povezljivost	4										
samostojna uporaba	2										
časovna natančnost	5										
avtomatsko razvrščanje	4										
ročni posegi	5										
načini razvrščanja	5										
materiali	7										
dodatne omejitve	5										
uporaba kosovnice	5										
odvisne nastavitve	6										
kakovost podpore	6										
nadaljni razvoj	5										
večjezičnost	3										
avtomatsko razvrščanje	6										
ročni posegi	6										
hitro odzivanje	5										
planska tabla	5										
CTP	5										
scenariji kaj-če	5										
zadovoljstvo uporabnikov	3										

	ekonomski kriteriji (določi vodstvo)
	tehnični kriteriji (določi tehnični kader)
	uporabniški kriteriji (določi uporabnik)

Ustrezni programi glede na pomembnost izbranih kriterijev:		
mesto	program	št. točk
1	Preactor APS 400	97
2	SAP APO	93
3	FrePPLe	74
4	Preactor Express	71
5	MS Excel	-15

Na drugem listu je matrika vrednosti po posameznih kriterijih za vsak program, kot vidimo na sliki 14. Vsak kriterij je glede na ustreznost programa označen z vrednostjo 1 (ustreza), 0 (delno ustreza) ali -1 (ne ustreza). Te vrednosti smo zapisali na osnovi testiranja posameznih programov, pogovorov z uporabniki in proizvajalci teh programov in pregledom literature ter tehnične dokumentacije. Skupaj z vnesenimi vrednostmi po Likertu tvorijo osnovo za izbiro ustreznega programa.

Slika 14: Matrika vrednosti po posameznih kriterijih za vsak program.

	SAP APO	Preactor APS 400	Preactor Express	FrePPLe	MS Excel
strošek licence	-1	-1	1	1	1
kakovost implementacije	1	1	1	1	1
čas implementacije	-1	-1	1	1	1
število referenc	1	1	-1	-1	-1
kakovost podpore	1	1	1	0	1
nadaljnji razvoj	1	1	1	0	1
nadgradljivost	-1	1	1	1	-1
storitev v oblaku	1	-1	-1	-1	1
večjezičnost	1	1	1	1	1
nadaljnji razvoj	1	1	1	0	0
nadgradljivost	-1	1	1	1	-1
storitev v oblaku	1	-1	-1	-1	1
povezljivost	1	1	-1	1	-1
samostojna uporaba	-1	1	1	1	1
časovna natančnost	1	1	1	1	-1
avtomatsko razvrščanje	1	1	1	1	-1
ročni posegi	1	1	1	0	0
načini razvrščanja	1	1	1	0	-1
materiali	1	1	-1	1	-1
dodatne omejitve	1	1	-1	0	-1
uporaba kosovnice	1	1	-1	1	-1
odvisne nastavitve	1	1	-1	1	-1
kakovost podpore	1	1	1	0	1
nadaljnji razvoj	1	1	1	0	1
večjezičnost	1	1	1	1	1
avtomatsko razvrščanje	1	1	1	1	-1
ročni posegi	1	1	1	1	0
hitro odzivanje	0	1	0	0	-1
planska tabla	0	1	1	0	-1
CTP	1	-1	0	-1	-1
scenariji kaj-če	1	1	1	1	-1
zadovoljstvo uporabnikov	0	0	0	0	0

Likertove vrednosti pomnožimo z vrednostjo, ki jo je program dosegel pri določenem kriteriju. Le pri kriteriju strošek licence smo naredili izjemo: za ta kriterij Likertovo vrednost pomnožimo z dva. To smo naredili zato, ker smo hoteli, da je kriterij strošek licence pomembnejši od ostalih kriterijev, saj tudi v praksi to drži. Zmnožki znotraj posameznega programa nato seštejemo. Program z največjo vsoto predlagamo za najprimernejšega glede na podatke, ki so jih vnesli uporabniki. V izpisanih rezultatih je pet najprimernejših programov, kot vidimo na sliki 15.

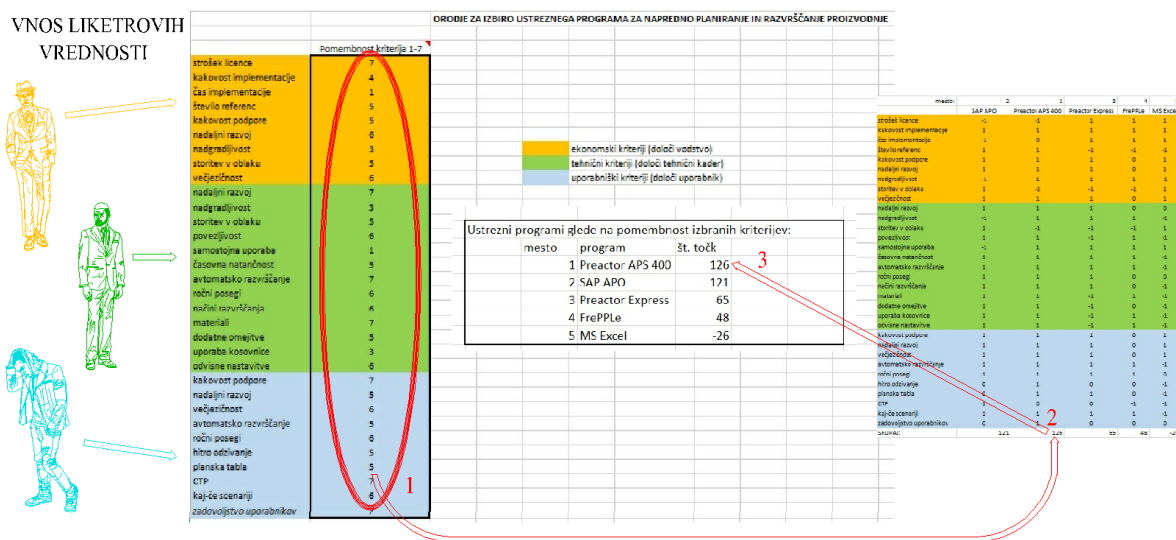
Slika 15: Rezultat vrednotenja z orodjem za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje.

Ustrezni programi glede na pomembnost izbranih kriterijev:			
mesto	program	št. točk	
1	Preactor APS 400	126	
2	SAP APO	121	
3	Preactor Express	65	
4	FrePPLe	48	
5	MS Excel	-26	

Celoten postopek uporabe orodja za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje, kot je razviden s slike 16, je tak:

- 1) Vse tri ciljne skupine vnesejo Likertove vrednosti kriterijev, ki jim pripadajo.
- 2) Te vrednosti zmnožimo z vrednostjo, ki jo je posamezen program dosegel pri določenem kriteriju.
- 3) Glede na izračunano število točk določimo pet najprimernejših programov.

Slika 16: Postopek uporabe orodja.



5.2 Primer uporabe v praksi

Izdelani model smo preizkusili tudi v praksi in k sodelovanju povabili slovensko podjetje iz lesne industrije, ki se odloča za uvedbo sistema za napredno planiranje in razvrščanje. Podjetje ima približno 100 zaposlenih in dela izključno po naročilu. Uporablja poslovni informacijski sistem, ki ga želijo povezati s programom APS. Spremljanja strojev v proizvodnji še nimajo realiziranega, vendar je projekt že v teku. Ker je ena izmed zadnjih operacij v proizvodnji montaža, potrebujejo sistem APS, ki bo omogočal povezovanje nalogov po kosovnici. Pomembni so tudi nastavitveni časi, saj je direktor mnenja, da bi lahko na tem področju prihranili veliko časa in s tem povečali proizvodnjo. Izrazil je še željo, da bi bila cena ugodna – lahko tudi nekoliko na račun funkcionalnosti.

Trenutno planirajo in razvrščajo z uporabo Excelovih tabel. Plan izdelajo za teden dni vnaprej. Želijo, da bi bil fiksni, vendar dogodki v proizvodnji tega ne omogočajo. Pogosto se namreč zgodi, da morajo zaradi nepredvidenih dogodkov (okvara strojev, pomanjkanje materiala, neplanirana odsotnost delavcev) hitro popraviti plan. Excel jim tega ne omogoča, zato iščejo specializiran sistem.

Dodatne lastnosti, ki jih mora program APS še upoštevati za to podjetje, so:

- omejitve delavcev in orodij,
- nastavitveni časi, ki so lahko odvisni od predhodne operacije,
- enkrat dnevno se ročno v sistem ERP izvaja poročanje realizacije (poročanje izdelanih količin v proizvodnji), katerega rezultati bi morali biti vidni tudi v programu APS.

Direktorju, vodju proizvodnje in planerju smo poslali ustrezne kriterije in jih prosili, da jih ovrednotijo z vrednostmi med 1 in 7, pri čemer 7 predstavlja, da je kriterij zelo pomemben za uporabnika, 1 pa, da je kriterij zanj nepomemben. Rezultate smo vnesli v razvito orodje za izbiro ustreznega programa APS, kot vidimo na sliki 17.

Slika 17: Likertove vrednosti, ki jih je podalo slovensko podjetje.

		ORODJE ZA IZBIRO USTREZNEGA PROGRAMA ZA NAPREDNO PLANIRANJE IN RAZVRŠČANJE PROIZVODNJE									
Pomembnost kriterija 1-7											
strošek licence	7										
kakovost implementacije	7										
čas implementacije	5										
število referenc	5										
kakovost podpore	6										
nadaljni razvoj	5										
nadgradljivost	5										
storitev v oblaku	5										
večjezičnost	1										
nadaljni razvoj	5										
nadgradljivost	5										
storitev v oblaku	4										
povezljivost	7										
samostojna uporaba	2										
časovna natančnost	7										
avtomatsko razvrščanje	7										
ročni posegi	5										
načini razvrščanja	5										
materiali	7										
dodatne omejitve	5										
uporaba kosovnice	5										
odvisne nastavitve	6										
kakovost podpore	7										
nadaljni razvoj	5										
večjezičnost	1										
avtomatsko razvrščanje	6										
ročni posegi	6										
hitro odzivanje	7										
planska tabla	5										
CTP	5										
scenariji kaj-če	5										
zadovoljstvo uporabnikov	7										

	ekonomski kriteriji (določi vodstvo)
	tehnični kriteriji (določi tehnični kader)
	uporabniški kriteriji (določi uporabnik)

Ustrezni programi glede na pomembnost izbranih kriterijev:		
mesto	program	št. točk
1	Preactor APS 400	104
2	SAP APO	96
3	FrePPLe	77
4	Preactor Express	70
5	MS Excel	-30

Kot najprimernejši program APS je izbran specializiran samostojni program Preactor APS 400, ki se je pred SAP-ovo rešitvijo bolje odrezal predvsem zaradi nadgradljivosti (direktor dopušča možnost, da bi začelo z osnovnejšo verzijo in kasneje prešli na zmogljivejšo), hitrejšega odzivanja in bolj interaktivne planske table, zaostaja pa predvsem pri razvoju storitev v oblaku in zmožnostjo izvajanja funkcije CTP. Pomemben faktor je tudi, da podjetje ni uporabnik SAP-a. Rezultati so razkrili še eno pomembno dejstvo – Excel, ki ga uporabljajo sedaj, glede na njihova pričakovanja ni primeren program za planiranje in razvrščanje proizvodnje.

Podjetje se je nato odločilo, da podrobneje preveri družino programskih rešitev Preactor, vključno z brezplačnim Expressom, ki se je sicer slabše obnesel predvsem zaradi tehničnih značilnosti in nezmožnostjo povezave z drugimi sistemi. Ker pa je nadgradljiv in brezplačen, obstaja po besedah vodje proizvodnje realna možnost, da bodo za začetek poskusili z njim.

Orodje za izbiro ustreznega programa APS jim je tako na preprost in hiter način pomagalo pri opredelitvi, kateri program bi bil za njih primeren glede na podane kriterije, so pa izrazili mnenje, da bi bilo potrebno v orodje dodati še druge programe. Tega se vsekakor zavedamo in to načrtujemo v prihodnje.

Poglavje 6 Sklepne ugotovitve

Proizvodna podjetja danes potrebujejo napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje, da lahko ostajajo konkurenčna. Odločitev, kateri program izbrati za ta namen, pa je prepuščena njim samim, saj na trgu ni orodja, ki bi jim pri tem sistematično pomagalo. Pregledali smo literaturo o zgodovini razvoja rešitev APS, njihovi pomembnosti in vrednotenju. Tako smo pridobili pomembno osnovo za razvoj modela za sistematično vrednotenje programov APS.

V nadaljevanju smo razvili model za izbiro ustreznega programa APS in vanj vključili kriterije, pridobljene pri pregledu literature in iz lastnih izkušenj. Izbrali smo pet programov in jih temeljito preverili z vidika postavljenih kriterijev. Te smo potem ovrednotili in njihove vrednosti vključili v model.

Končno rešitev smo izdelali v Excelu, kamor morajo tri skupine uporabnikov vnesti še pomembnosti posameznih kriterijev. To je še zadnji pogoj, da orodje za izbiro ustreznega programa za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje lahko razvrsti programe APS glede na vneseno pomembnost kriterijev.

Tako lahko proizvodno podjetje, ki se sooča s pomembno odločitvijo, kateri program APS izbrati, sistematično ovrednoti primernost posameznega programa in celovito primerja na trgu dostopne programe za napredno planiranje in razvrščanje proizvodnje, kar smo s pomočjo slovenskega proizvodnega podjetja tudi uspešno preizkusili. S tem smo uresničili vse cilje, ki smo si jih v tem delu zastavili.

Največja trenutna omejitev orodja je, da še ne vsebuje podatkov za dovolj veliko število programov. Te bo v prihodnje potrebno dodati, vendar pri tem opozarjamo na temeljito preverjanje posameznih programov. Neustrezni podatki bi uporabniku namreč lahko povzročili več nevšečnosti kot pa koristi.

Zaradi večje in lažje dostopnosti bi bilo dobro, da bi bilo v prihodnje orodje na voljo na spletu. Uporabniku tako ne bi bilo potrebno prenašati datoteke, ampak bi preko uporabniškega vmesnika na spletni strani samo vnesel pomembnosti posameznih kriterijev in dobil rezultat. Informacija, zakaj je določeni program bolj ovrednoten kot drugi, bi bila tudi koristna.

Za hitrejše polnjenje modela s podatki o drugih programih APS bi bilo smiselno dodati še to možnost, ki bi jo potem lahko uporabili ponudniki drugih programov APS. V tem primeru bi morali biti kriteriji jasno opisani, skrbnik spletne strani pa bi moral zaradi zagotavljanja verodostojnosti orodja pred vključitvijo novega programa v model zapisane kriterije s strani ponudnikov še podrobno preveriti.

Pri izdelavi tega diplomskega dela sem dobil veliko izkušenj in novega znanja, kar bom pridoma uporabljal na svoji nadaljnji poti, ki jo nadaljujem kot inženir računalništva.

Literatura

- [1] R. Buijsse, G. Kant, "Welcome to the New World of Planning", Hoofddorp: Groen Printers, 2010.
- [2] Dr. S. F. Crone: "Forecasting with SAP APO DP? The Gap between Theory and Practice?", London: Lancaster Centre for Forecasting, 2013.
- [3] Y. K. Dwivedi: "Information System Theory", ZDA: Springer, 2012.
- [4] B. Furth: "Handbook of Cloud Computing", ZDA: Springer, 2010.
- [5] B. Hech: "Choose the right ERP software", *Datamation* 43, str. 56-58, 1997.
- [6] F. Jacobs, F. C. Weston, "Enterprise resource planning (ERP) – a brief history", *Journal of Operations Management* 31, str. 357–363, 2007.
- [7] A. S. Jadhav, R. M. Sonar: "Avaluating and selecting software packages: A review", Amsterdam: Elsevier, 2008.
- [8] K. G. Kempf, P. Keskinocak, R. Uzsoy, "Planning Production and Inventories in the Extended Enterprise: A State of the Art Handbook, Volume 1", ZDA: Springer, 2012.
- [9] M. Liddell, "The Little Blue Book on Scheduling", Palmetto: Joshua1nine Publishing, 2008.
- [10] C. T. Maravelias, C. Sung, "Integration of Production Planning and Scheduling: Overview, Challenges and Opportunities", v zborniku Proceedings Foundations of Computer-Aided Process Operations, Georgia, 2008.
- [11] J. Miller, L. Sprague, "Behind the growth in materials requirements planning", *Harward Business Review* September-October, 1975.
- [12] M. Mollaghasemi, J. Pet-Edwards: "Technical Briefing: Making Multiple Objective Decisions", Los Alamitos: IEEE Computer Society Press, 1997.

- [13] J. Munshi: "A Method for Constructing Likert Scales, Kalifornija: Sonoma State University, 2014.
- [14] M. Theeuwen, "APS in the High Tech industry". [Online]. Dosegljivo: http://www.eyeon.nl/documenten/whitepapers/eyeon_wp_advanced_planning_and_scheduling_ht.pdf.
- [15] E. Triantaphyllou: "Multi-Criteria Decision making Methods: A Comparative Study", ZDA: Springer, 2000.
- [16] A. Uta, I. Intorsoreanu, R. Mihalca: "Criteria for the selection of ERP software", *Informatica Economica* nr. 2, str. 63-66, 2007.
- [17] D. Vavpotič, T. Hovelja: "Improving the Evaluation of Software Development Methodology Adoption and its Impact on Enterprise Performance", v zborniku Computer Science and Information Systems vol. 9, no. 1, Novi Sad, 2012.
- [18] L. Wylie, "A vision for the next-generation MRP II. Scenario", Gartner Group str. 300–339, 1990.
- [19] K. Yoon, C. Hwang: "Multiple Attribute Decision-Making: An Introduction", Kalifornija: Sage Publisher, 1995.
- [20] APICS, "Using Information Technology to Enable Supply Chain Management", APICS Certified Supply Chain Professional Learning System, The Association for Operations Management, Alexandria, Virginia, 2007.
- [21] IBM, "Solve your Toughest Planning and Scheduling Problems: How Business Managers can use Mathematical Optimization Technology". [Online]. Dosegljivo: <ftp://public.dhe.ibm.com/software/websphere/ilog/SolveYourToughestPlanningandSchedulingProblems.pdf>.
- [22] Preactor products. [Online]. Dosegljivo: <http://www.preactor.com/Products.aspx#.VBqK3xaS9C4>.
- [23] Siemens acquires Preactor. [Online]. Dosegljivo: www.siemens.com/press/pi/IIA2013063008e.

Priloge

Priloga A: Vrednotenje komponente za planiranje proizvodnje in natančno razvrščanje v SAP APO (odebeljena vrednost v stolpcu lestvica najbolj opiše ta program). Vse stopnje lestvic in njihove vrednosti so opisane v poglavju 3.2.

Kriteriji	Lestvica	Vrednost za model
Ekonomski kriteriji		
Strošek licence	nad 10.000€	-1
Kakovost implementacije	visoka	1
Čas implementacije	dolg	-1
Število referenc	nad 50	1
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	ni omogočena	-1
Storitev v oblaku	omogočena	1
Večjezičnost	omogočena	1
Tehnični kriteriji		
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	ni omogočena	-1
Storitev v oblaku	omogočena	1
Povezljivost	omogočena	1
Samostojna uporaba	ni omogočena	-1
Časovna natančnost	omogočena	1

Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1
Načini razvrščanja	omogočeni	1
Materiali	omogočeni	1
Dodatne omejitve	omogočene	1
Kosovnica	omogočena	1
Odvisne nastavitve	omogočene	1
Uporabniški kriteriji		
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Večjezičnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1
Hitro odzivanje	delno omogočeno	0
Planska tabla	delno omogočena	0
CTP	omogočen	1
Scenariji kaj-če	omogočeni	1
Zadovoljstvo uporabnikov	delno zadovoljni	0

Priloga B: Vrednotenje programa Preactor APS 400 (odebeljena vrednost v stolpcu lestvica najbolj opiše ta program). Vse stopnje lestvic in njihove vrednosti so opisane v poglavju 3.2.

Kriteriji	Lestvica	Vrednost za model
Ekonomski kriteriji		
Strošek licence	nad 10.000€	-1
Kakovost implementacije	visoka	1
Čas implementacije	dolg	-1
Število referenc	nad 50	1
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	omogočena	1
Storitev v oblaku	ni omogočena	-1
Večjezičnost	omogočena	1
Tehnični kriteriji		
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	omogočena	1
Storitev v oblaku	ni omogočena	-1
Povezljivost	omogočena	1
Samostojna uporaba	omogočena	1
Časovna natančnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1

Načini razvrščanja	omogočeni	1
Materiali	omogočeni	1
Dodatne omejitve	omogočene	1
Kosovnica	omogočena	1
Odvisne nastavitve	omogočene	1
Uporabniški kriteriji		
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Večjezičnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1
Hitro odzivanje	omogočeno	1
Planska tabla	omogočena	1
CTP	ni omogočen	-1
Scenariji kaj-če	omogočeni	1
Zadovoljstvo uporabnikov	delno zadovoljni	0

Priloga C: Vrednotenje programa Preactor Express (odebeljena vrednost v stolpcu lestvica najbolj opiše ta program). Vse stopnje lestvic in njihove vrednosti so opisane v poglavju 3.2.

Kriteriji	Lestvica	Vrednost za model
Ekonomski kriteriji		
Strošek licence	do 5.000€	1
Kakovost implementacije	visoka	1
Čas implementacije	kratek	1
Število referenc	do 10	-1
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	omogočena	1
Storitev v oblaku	ni omogočena	-1
Večjezičnost	omogočena	1
Tehnični kriteriji		
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	omogočena	1
Storitev v oblaku	ni omogočena	-1
Povezljivost	ni omogočena	-1
Samostojna uporaba	omogočena	1
Časovna natančnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1

Načini razvrščanja	omogočeni	1
Materiali	niso omogočeni	-1
Dodatne omejitve	niso omogočene	-1
Kosovnica	ni omogočena	-1
Odvisne nastavitve	niso omogočene	-1
Uporabniški kriteriji		
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Večjezičnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1
Hitro odzivanje	delno omogočeno	0
Planska tabla	omogočena	1
CTP	delno omogočen	0
Scenariji kaj-če	omogočeni	1
Zadovoljstvo uporabnikov	delno zadovoljni	0

Priloga D: Vrednotenje programa FrePPLe (odebeljena vrednost v stolpcu lestvica najbolj opiše ta program). Vse stopnje lestvic in njihove vrednosti so opisane v poglavju 3.2.

Kriteriji	Lestvica	Vrednost za model
Ekonomski kriteriji		
Strošek licence	do 5.000	1
Kakovost implementacije	visoka	1
Čas implementacije	kratek	1
Število referenc	do 10	-1
Kakovost podpore	srednja	0
Nadaljnji razvoj	pričakovan	0
Nadgradljivost	omogočena	1
Storitev v oblaku	ni omogočena	-1
Večjezičnost	omogočena	1
Tehnični kriteriji		
Nadaljnji razvoj	pričakovan	0
Nadgradljivost	omogočena	1
Storitev v oblaku	ni omogočena	-1
Povezljivost	omogočena	1
Samostojna uporaba	omogočena	1
Časovna natančnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	delno omogočeni	0

Načini razvrščanja	delno omogočeni	0
Materiali	omogočeni	1
Dodatne omejitve	delno omogočene	0
Kosovnica	omogočena	1
Odvisne nastavitve	omogočene	1
Uporabniški kriteriji		
Kakovost podpore	srednja	0
Nadaljnji razvoj	pričakovan	0
Večjezičnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	omogočeno	1
Ročni posegi	omogočeni	1
Hitro odzivanje	delno omogočeno	0
Planska tabla	delno omogočena	0
CTP	ni omogočen	-1
Scenariji kaj-če	omogočeni	1
Zadovoljstvo uporabnikov	delno zadovoljni	0

Priloga E: Vrednotenje programa MS Excel (odebeljena vrednost v stolpcu lestvica najbolj opiše ta program). Vse stopnje lestvic in njihove vrednosti so opisane v poglavju 3.2.

Kriteriji	Lestvica	Vrednost za model
Ekonomski kriteriji		
Strošek licence	do 5.000€	1
Kakovost implementacije	visoka	1
Čas implementacije	kratek	1
Število referenc	do 10	-1
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Nadgradljivost	ni omogočena	-1
Storitev v oblaku	omogočena	1
Večjezičnost	omogočena	1
Tehnični kriteriji		
Nadaljnji razvoj	ni na voljo (MS Excel se bo seveda še razvijal, ne zdi se pa verjetno, da bo razvoj vključeval funkcionalnosti sistemov APS)	0
Nadgradljivost	ni omogočena	-1
Storitev v oblaku	omogočena	1
Povezljivost	ni omogočena	-1
Samostojna uporaba	omogočena	1
Časovna natančnost	ni omogočena	-1
Avtomatsko razvrščanje	ni omogočeno	-1

Ročni posegi	delno omogočeni	0
Načini razvrščanja	niso omogočeni	-1
Materiali	niso omogočeni	-1
Dodatne omejitve	niso omogočene	-1
Kosovnica	ni omogočena	-1
Odvisne nastavitve	niso omogočene	-1
Uporabniški kriteriji		
Kakovost podpore	dobra	1
Nadaljnji razvoj	zagotovljen	1
Večjezičnost	omogočena	1
Avtomatsko razvrščanje	ni omogočeno	-1
Ročni posegi	delno omogočeni	0
Hitro odzivanje	ni omogočeno	-1
Planska tabla	ni omogočena	-1
CTP	ni omogočen	-1
Scenariji kaj-če	niso omogočeni	-1
Zadovoljstvo uporabnikov	delno zadovoljni	0